

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN  
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad  
Intelectual  
Oficina internacional



10/534745



(43) Fecha de publicación internacional  
3 de Junio de 2004 (03.06.2004)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional  
WO 2004/046807 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes<sup>7</sup>: G02F 1/21

(74) Mandatarios: CURELL SUÑOL, Marcellino etc.; Pas-  
seig de Gràcia, 65 bis, E-08008 Barcelona (ES).

(21) Número de la solicitud internacional:  
PCT/ES2003/000584

(22) Fecha de presentación internacional:  
18 de Noviembre de 2003 (18.11.2003)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:  
P200202792  
19 de Noviembre de 2002 (19.11.2002) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):  
BAOLAB MICROSYSTEMS S.L. [ES/ES]; Institut  
Politécnic Campus de Terrassa, Ctra. Nacional 150 Km,  
14,5,, E-08220 Terrassa (ES).

(72) Inventor; e

(75) Inventor/Solicitante (para US solamente): MONTANYÀ  
SILVESTRE, Josep [ES/ES]; Josep Saltó 4-6, E-08191  
Rubi (ES).

(81) Estados designados (nacional): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (regional): patente ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
patente euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO,  
SE, SI, SK, TR), patente OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

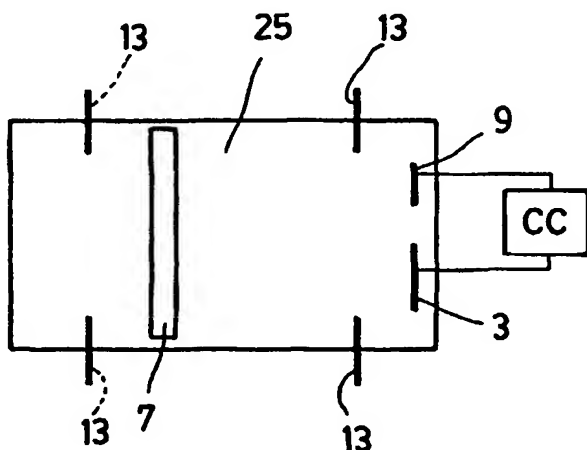
Publicada:

— con informe de búsqueda internacional

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: MINIATURE ELECTRO-OPTIC DEVICE AND CORRESPONDING USES THEREOF

(54) Título: DISPOSITIVO ELECTROÓPTICO MINIATURIZADO Y USOS CORRESPONDIENTES



(57) Abstract: The invention relates to a miniature electro-optic device comprising: a first zone which is disposed face-to-face with a second zone; a first capacitor plate; a second capacitor plate which is disposed in the second zone and which is smaller than or equal to the first plate; an intermediate space between said two zones; a conductive element which is disposed in the aforementioned intermediate space, which is independent of the lateral walls and which moves therethrough as a function of voltages present between the two plates; two light input/output points belonging to an optical circuit; and a stop element. According to the invention, when in contact with the above-mentioned stop element, the conductive element alters the light passage state between the input/output points. The inventive device can be used as an accelerometer, an inclinometer, a Coriolis force detector, a microphone, for acoustic applications, for the production of an optical switching matrix, for the projection of images, and as a pressure, flow, temperature, gas sensor, etc.

(57) Resumen: Dispositivo electroóptico miniaturizado que comprende una primera zona enfrentada a una segunda zona, una primera placa de condensador, una segunda placa de condensador dispuesta en la segunda zona y menor o igual que la primera placa, un espacio intermedio dispuesto entre ambas zonas con un elemento conductor dispuesto en él y que es independiente de las paredes laterales y se desliza a través suyo en función de unos voltajes presentes entre ambas placas, dos puntos de entrada/salida de luz de un circuito óptico, y un tope, donde el elemento con ductor modifica el estado de paso de luz entre los puntos de entrada/salida cuando está en contacto con el tope. El dispositivo se puede usar como acelerómetro, inclinómetro, detector de fuerzas de Coriolis, micrófono, para aplicaciones acústicas, para la fabricación de una matriz de conmutación óptica, para la proyección de imágenes, como sensor de presión, caudal, temperatura, gas, etc.

WO 2004/046807 A1



---

*Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección  
"Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al  
principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.*

## DISPOSITIVO ELECTROÓPTICO MINIATURIZADO Y USOS CORRESPONDIENTES

5

### DESCRIPCION

#### Campo de la invención

La invención se refiere a un dispositivo electroóptico miniaturizado. La invención se  
10 refiere asimismo a diversos usos de dispositivos electroópticos de acuerdo con la invención.

#### Estado de la técnica

15 Son conocidos toda clase de dispositivos y sistemas electroópticos, empleados principalmente (pero no únicamente) en la tecnología de transmisión de información.

Por otro lado son conocidos también la realización de dispositivos miniaturizados,  
20 dentro de la tecnología denominada MEMS (micro electro-mechanical systems-  
sistemas microelectromecánicos), Microsystems (microsistemas) y/o Micromachi-  
nes (micromáquinas). Estos dispositivos miniaturizados suelen ser dispositivos  
electromecánicos que cumplen funciones similares a dispositivos electromecánicos  
de dimensiones convencionales, como por ejemplo relés, sensores de diversos ti-  
25 pos, bombas, etc. El objetivo de la presente invención son dispositivos miniaturiza-  
dos de tipo electroóptico, es decir, en los que a partir de una señal eléctrica se pue-  
de interactuar en una señal óptica.

En particular la presente invención tiene por objeto un dispositivo electroóptico mi-  
30 niaturizado que permite modificar el estado de paso de luz a través de un circuito  
óptico, es decir ejerciendo una función equivalente a un relé eléctrico, con el cual,  
además, tendrá en común diversos componentes eléctricos y mecánicos. Actual-  
mente hay varias alternativas para la realización de relés miniaturizados. En princi-

pio pueden clasificarse según el tipo de fuerza o mecanismo de actuación que usan para mover el electrodo de contacto. Así, se suelen clasificar como relés electrostáticos, magnéticos, térmicos o piezoeléctricos. Cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes. Sin embargo las técnicas de miniaturización exigen el empleo de tensiones de activación lo más pequeñas posibles y superficies lo más pequeñas posibles. Los relés conocidos en el estado de la técnica tienen diversos problemas para poder avanzar en este sentido.

Una forma de reducir la tensión de activación es precisamente incrementar las superficies del relé, lo que dificulta su miniaturización, aparte de ser más sensible a la aparición de deformaciones lo que reduce la vida útil y fiabilidad del relé. En los relés electrostáticos, otra solución para disminuir la tensión de activación es reducir mucho el espacio entre los electrodos, o emplear electrodos muy delgados o emplear materiales especiales, de manera que la fuerza mecánica de recuperación sea muy baja. Sin embargo esto trae consigo otros problemas de enganchamiento, ya que las fuerzas de capilaridad se hacen muy importantes, lo que reduce asimismo la vida útil y la fiabilidad de estos relés. El empleo de tensiones de activación elevadas tiene asimismo otros efectos negativos como la ionización de los componentes, el desgaste acelerado debido a los fuertes golpes mecánicos y el ruido eléctrico que genera todo el relé.

Los relés electrostáticos tienen también un problema importante de fiabilidad debido al fenómeno llamado "pull-in", y que consiste en que, superado un cierto umbral de tensión, el electrodo de contacto se mueve acelerándose cada vez más contra el otro electrodo libre. Esto es debido a que conforme se cierra el relé, el condensador que ejerce la fuerza electrostática para este cierre, aumenta mucho su capacidad (y llegaría a infinito si no se pusiera un tope antes). La consecuencia de esto es un desgaste importante de los electrodos debido al elevado campo eléctrico que se genera y al choque debido a la aceleración que ha sufrido el electrodo móvil.

Las soluciones térmicas, magnéticas y piezoeléctricas requieren materiales y procesos de micromecanizado especiales, de forma que se hace difícil y/o costoso integrarlos en dispositivos MEMS más complejos, o en un mismo integrado con

circuitería electrónica. Además la solución térmica es muy lenta (es decir, el circuito tarda mucho en cerrarse o abrirse), y consume mucha potencia. La solución magnética hace ruido electromagnético, que dificulta mucho más el poder tener circuitería electrónica cerca, y requiere elevadas corrientes de pico para su conmutación.

5

En general, los relés incorporan un elemento móvil mediante el cual se puede abrir y cerrar por lo menos un circuito eléctrico externo, donde por lo menos una de las acciones de apertura y cierre del circuito eléctrico externo se hace mediante una señal electromagnética, siendo la fuerza en sentido contrario de tipo elástico. El dispositivo electroóptico de la presente invención requiere asimismo el movimiento de un elemento móvil para poder interactuar con el circuito óptico. En este sentido comparte en parte los problemas e inconvenientes de los relés eléctricos comentados más arriba.

#### 15 Sumario de la invención

La invención tiene por objeto un dispositivo electroóptico miniaturizado como los citados anteriormente. Esta finalidad se consigue mediante un dispositivo electroóptico miniaturizado caracterizado porque comprende:

- 20 - una primera zona enfrentada a una segunda zona,
- una primera placa de condensador,
- una segunda placa de condensador dispuesta en la segunda zona, donde la segunda placa de condensador es menor o igual que la primera placa de condensador,
- 25 - un espacio intermedio dispuesto entre la primera zona y la segunda zona,
- un elemento conductor dispuesto en el espacio intermedio, donde el elemento conductor es mecánicamente independiente de la primera zona y la segunda zona y es apto para efectuar un desplazamiento a través del espacio intermedio en función de unos voltajes presentes en las primera y segunda placas de condensador,
- 30 - un primer punto de entrada/salida de luz de un circuito óptico, un segundo punto de entrada/salida del circuito óptico, dispuestos de tal manera que permiten el paso de luz entre ellos

- por lo menos un primer tope, donde el elemento conductor es apto para entrar en contacto con el primer tope y donde el elemento conductor modifica el estado de paso de luz entre el primer punto de entrada/salida y el segundo punto de entrada/salida cuando está en contacto con el primer tope.

5

Efectivamente el dispositivo electroóptico según la invención tiene el elemento conductor, es decir el elemento responsable de que se abra y se cierre el paso de luz del circuito óptico externo (a través del primer punto de entrada/salida (en lo sucesivo abreviado por e/s) y del segundo punto de e/s) como una pieza suelta capaz de moverse libremente. Es decir no se está empleando la fuerza elástica del material para forzar uno de los movimientos del dispositivo electroóptico. Ello permite una pluralidad de soluciones diferentes, todas ellas gozando de la ventaja de requerir unas tensiones de activación muy pequeñas y permitiendo unos tamaños de diseño muy pequeños. El elemento conductor está alojado en el espacio intermedio.

10 El espacio intermedio está cerrado por la primera y la segunda zona y por unas paredes laterales que impiden que el elemento conductor se salga del espacio intermedio. Al aplicar unos voltajes a la primera y a la segunda placa de condensador se inducen unos repartos de cargas eléctricas en el elemento conductor que generan unas fuerzas electroestáticas que consiguen desplazar el elemento conductor

15 en un sentido a lo largo del espacio intermedio. Mediante diferentes diseños que se detallarán a continuación se puede aprovechar este efecto de diversas maneras.

20

Adicionalmente un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención resuelve asimismo satisfactoriamente el problema del "pull-in" anteriormente citado.

25

El primer punto de e/s y el segundo punto de e/s del circuito óptico externo pueden estar separados entre sí una distancia tan grande como lo permita la tecnología del circuito óptico en cuestión. Desde el punto de vista de la invención, únicamente es necesario que el dispositivo electroóptico interfiera con el haz de luz que se propaga del primer punto de e/s al segundo punto de e/s. En este sentido ambos puntos

30 de e/s pueden estar integrados físicamente en las paredes que envuelven el elemento conductor, pero también es posible que estén físicamente alejados de las paredes que envuelven el elemento conductor y que sean físicamente piezas inde-

pendientes. En este sentido el dispositivo electroóptico hay que entenderlo como un conjunto funcional de elementos aunque físicamente estos elementos estén separados. Asimismo se debe entender que el punto de entrada e/s es sencillamente un orificio a través del cual puede propagarse la luz. La fibra óptica o, en general, dispositivo empleado para la propagación de la luz hasta el punto de e/s no deben ser considerados como parte del dispositivo electroóptico.

En general el elemento conductor tendrá una parte de su superficie que hará la función de superficie de actuación óptica. En algunos casos esta superficie será una superficie de obturación, donde la función básica será impedir que el haz de luz llegue al punto de e/s correspondiente. En otros casos esta superficie será una superficie de reflexión donde la función básica será desviar el haz de luz, por reflexión, en una dirección determinada.

Otra ventaja adicional del dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención es la siguiente: en los relés electroestáticos convencionales, si en una posición determinada se engancha el elemento conductor (lo cual depende mucho, entre otros factores, de la humedad) no hay forma de desengancharlo (excepto con una intervención externa, como por ejemplo secándolo) ya que al ser la fuerza de recuperación elástica, siempre es la misma (depende solamente de la posición) y no se puede aumentar. En cambio si a un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención se le engancha el elemento conductor, siempre sería posible desengancharlo a base de aumentar el voltaje.

En función de la geometría del espacio intermedio y del posicionamiento de las placas de condensador se pueden conseguir diversos tipos de dispositivos electroópticos, con diversas aplicaciones y diversos modos de funcionamiento.

Por ejemplo, el movimiento del elemento conductor puede ser de diversas maneras:

- una primera posibilidad es que el elemento conductor pueda moverse a lo largo del espacio intermedio con un movimiento de traslación, es decir, de una forma substancialmente rectilínea (dejando aparte posibles golpes u oscilaciones y/o mo-

- 6 -

vimientos provocados por fuerzas externas no previstas y/o indeseadas) entre la primera zona y la segunda zona.

- 5    - una segunda posibilidad es que el elemento conductor pueda moverse a lo largo del espacio intermedio con un movimiento que es la suma de un movimiento de traslación entre la primera zona y la segunda zona, inducido por las fuerzas electrostáticas generadas, y un movimiento perpendicular al anterior, inducido por una fuerza de Coriolis. Posteriormente se describirá con más detalle esta solución.
- 10    Una forma preferente de realización se obtiene cuando la primera placa de condensador está en la segunda zona. Alternativamente se puede diseñar el dispositivo electroóptico de manera que la primera placa de condensador esté en la primera zona. En el primer caso se consigue un dispositivo electroóptico que tiene una menor tensión de activación y una mayor velocidad. Por el contrario, en el segundo
- 15    caso el dispositivo electroóptico presenta una velocidad menor, lo cual significa que los golpes que sufren el elemento conductor y los topes son más suaves, y un consumo de potencia menor. De esta manera se puede elegir una u otra alternativa en función de los requerimientos específicos en cada caso.
- 20    Cuando el elemento conductor está en contacto con los primeros topes, es decir cuando está interactuando con el circuito óptico, es posible mover el elemento conductor mediante diversos tipos de fuerzas, que se detallarán más adelante. Para volver a llevar al elemento conductor hasta los primeros topes, es suficiente con aplicar un voltaje entre la primera placa y a la segunda placa del condensador. Ello
- 25    provoca que el elemento conductor sea atraído hacia la segunda zona, volviendo a modificar el estado de paso de luz entre el primer y el segundo punto de e/s.

- En el caso que se disponga de la primera placa de condensador en la primera zona y de la segunda placa de condensador en la segunda zona, una forma de conseguir
- 30    la fuerza necesaria para mover el elemento conductor citada en el párrafo anterior es mediante la adición de una tercera placa de condensador dispuesta en la segunda zona, donde la tercera placa de condensador es menor o igual que la primera placa de condensador, y donde las segunda y tercera placas de condensador



son, juntas, mayores que la primera placa de condensador. Con esta distribución la primera placa de condensador está a un lado del espacio intermedio y la segunda y la tercera placas de condensador están al otro lado del espacio intermedio y próximas entre sí. De esta forma se puede forzar el desplazamiento del elemento conductor en ambos sentidos mediante fuerzas electrostáticas.

Otra forma preferente de realización de la invención se obtiene cuando el dispositivo electroóptico comprende adicionalmente una tercera placa de condensador dispuesta en dicha segunda zona y una cuarta placa de condensador dispuesta en dicha primera zona, donde dicha primera placa de condensador y dicha segunda placa de condensador son iguales entre sí, y dicha tercera placa de condensador y dicha cuarta placa de condensador son iguales entre sí. Efectivamente de esta manera, si se desea que el elemento conductor se desplace hacia la segunda zona, se puede aplicar un voltaje a la primera y cuarta placas de condensador, por un lado, y a la segunda o a la tercera placas de condensador, por el otro lado. Dado que el elemento conductor se desplazará hacia el lugar en el que esté la placa de condensador más pequeña, se desplazará hacia la segunda zona. Asimismo se puede conseguir que la placa de condensador se desplace hacia la primera zona aplicando un voltaje a la segunda y a la tercera placa del condensador y a la primera o a la cuarta placas de condensador. La virtud de esta solución, respecto de la solución más sencilla únicamente con tres placas de condensador, es que es totalmente simétrica, es decir, se puede conseguir exactamente el mismo comportamiento de dispositivo electroóptico tanto cuando el elemento conductor se desplaza hacia la segunda zona como cuando se desplaza hacia la primera zona. Ventajosamente las primera, segunda, tercera y cuarta placas de condensador son todas iguales entre sí, ya que en general es conveniente que el dispositivo electroóptico presente diversas simetrías en su diseño. Por un lado está la simetría respecto de la primera y la segunda zona, que acaba de ser comentada. Por otro lado es necesario conservar otros tipos de simetría para evitar otros problemas, como por ejemplo problemas de rotaciones o balanceos del elemento conductor que se comentarán más adelante. En este sentido es particularmente interesante que el dispositivo electroóptico comprenda, adicionalmente, una quinta placa de condensador dispuesta en la primera zona y una sexta placa de condensador dispuesta en la segunda zo-

na, donde la quinta placa de condensador y la sexta placa de condensador son iguales entre sí. Por un lado el incrementar la cantidad de placas de condensador tiene la ventaja de que las dispersiones de fabricación se compensan mejor. Por otro lado las diversas placas se pueden activar independientemente, tanto desde el punto de vista del voltaje aplicado como del momento de activación. Las seis placas de condensador podrían ser todas iguales entre sí o, alternativamente se podrían hacer las tres placas de un mismo lado de tamaños diferentes entre sí. Un dispositivo electroóptico que tenga tres o más placas de condensador en cada zona permite conseguir simultáneamente los siguientes objetivos:

- puede funcionar en los dos sentidos de una forma simétrica,
- tiene un diseño que permite la mínima tensión de activación para unas dimensiones globales del dispositivo electroóptico fijas,
- permite minimizar el consumo de corriente y de potencia, y permite tener un funcionamiento más suave del dispositivo electroóptico,
- permite tener un diseño de las placas de condensador con simetría o asimetría central respecto al centro de masas, de modo que el momento resultante ejercido sobre el conductor libre sea nulo o no nulo en función de las necesidades de cada caso particular.

En general, aumentar la cantidad de placas de condensador en cada zona permite una mayor flexibilidad y versatilidad en el diseño, al mismo tiempo que permite reducir el efecto de las dispersiones propias de fabricación, ya que las dispersiones de cada una de las placas tenderá a compensarse con las dispersiones de las restantes placas.

Ventajosamente el dispositivo electroóptico comprende un segundo tope (o tantos segundos topes como primeros topes haya) entre la primera zona y el elemento conductor. De esta manera se consigue también una simetría geométrica entre la primera zona y la segunda zona. Cuando el elemento conductor se desplace hacia la segunda zona, lo podrá hacer hasta entrar en contacto con los primeros topes, y modificará el estado de paso de luz entre los puntos de e/s. Cuando el elemento conductor se desplace hacia la primera zona, lo podrá hacer hasta entrar en con-

tacto con el o los segundos topes. De esta manera el recorrido realizado por el elemento conductor es simétrico.

Una variante ventajosa del caso anterior se obtiene cuando el dispositivo electroóptico comprende un tercer punto de e/s y un cuarto punto de e/s dispuestos entre la primera zona y el elemento conductor, de manera que el elemento conductor modifica el estado de paso de luz de un segundo circuito óptico cuando está en contacto con el o los segundos topes. Efectivamente, en este caso el dispositivo electroóptico puede conectar dos circuitos eléctricos alternativamente.

10

Ventajosamente cada uno de los conjuntos de las placas de condensador dispuestas en cada una de las primera zona y segunda zona tiene simetría central respecto de un centro de simetría, donde dicho centro de simetría está superpuesto al centro de masas del elemento conductor. Efectivamente, cada conjunto de las placas de condensador dispuestas en cada una de las zonas genera un campo de fuerzas sobre el elemento conductor. Si la resultante de este campo de fuerzas tiene un momento no nulo respecto del centro de masas del elemento conductor, el elemento conductor no solamente experimentará una traslación, sino que experimentará adicionalmente una rotación alrededor de su centro de masas. En este sentido es conveniente prever que los conjuntos de placas de cada zona tengan simetría central en el caso que no interese esta rotación o, por el contrario, puede ser conveniente prever que sí exista una asimetría central, en el caso que interese inducir una rotación en el elemento conductor respecto de su centro de masas, por ejemplo para vencer fuerzas de rozamiento y/o de enganche.

25

El elemento conductor suele estar físicamente encerrado en el espacio intermedio, entre la primera zona, la segunda zona y unas paredes laterales.

Para evitar enganches y fuerzas de rozamiento elevadas es ventajoso que el elemento conductor tenga superficies externas redondeadas, preferentemente que sea cilíndrico o esférico. La solución esférica minimiza las fuerzas de rozamiento y los enganches en todas las direcciones, mientras que la solución cilíndrica, con las bases del cilindro encaradas a la primera y segunda zona permite obtener unas

30

fuerzas de rozamiento reducidas con las paredes laterales y unas superficies enca-  
radas a las placas de condensador que son grandes y eficaces de cara a la gene-  
ración de las fuerzas electrostáticas.

- 5 Asimismo, en el caso que el elemento conductor presente una cara superior y una  
cara inferior, que sean perpendiculares al desplazamiento del elemento conductor,  
y por lo menos una cara lateral, es ventajoso que la cara lateral presente unas bre-  
ves protuberancias. Estas protuberancias permitirán también reducir los enganches  
y las fuerzas de rozamiento entre la cara lateral y las paredes laterales del espacio  
10 intermedio.

Ventajosamente el elemento conductor es hueco. Ello permite ahorrar masa lo que  
permite tener inercias menores.

- 15 En el caso que el dispositivo electroóptico disponga de dos placas de condensador  
(la primera placa y la segunda placa) y que ambas estén en la segunda zona, es  
ventajoso que la primera placa de condensador y la segunda placa de condensador  
tengan la misma superficie, ya que de esta forma se obtiene la tensión de activa-  
ción mínima para una misma superficie total del dispositivo.

- 20 En el caso que el dispositivo electroóptico disponga de dos placas de condensador  
(la primera placa y la segunda placa) y que la primera placa esté en la primera zona  
mientras que la segunda placa esté en la segunda zona, es ventajoso que la prime-  
ra placa de condensador tenga una superficie que es igual al doble de la superficie  
25 de la segunda placa de condensador, ya que de esta forma se obtiene la tensión de  
activación mínima para una misma superficie total del dispositivo.

- La invención tiene asimismo por objeto unos usos preferentes de unos dispositivos  
electroópticos de acuerdo con la invención. Aparte del uso como interruptor óptico y  
30 como conmutador óptico, el dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención  
puede ser usado como sensor de diversas magnitudes físicas. En estos casos, la  
magnitud física que se desea medir ejerce una fuerza para mover el elemento con-  
ductor y mediante un determinado voltaje aplicado a las placas de condensador se

genera una fuerza que contrarresta a la anterior. Detectando si se está modificando el estado de paso de luz se puede modificar el voltaje para contrarrestar la fuerza generada por la magnitud a medir. La determinación del voltaje requerido permite determinar el valor de la magnitud física que se desea medir. En general, la miniaturización permite la inclusión de diversos sensores simultáneamente, lo que hace más fiable la determinación del valor correspondiente. El aumento de fiabilidad es debido a la posibilidad de que estos diversos sensores midan la misma magnitud, y después se haga un promediado. Una alternativa particularmente ventajosa se obtiene al disponer de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención con puntos de e/s en las dos zonas, ya que en este caso puede medirse la magnitud física a determinar a partir del tiempo que transcurre entre que se modifica el estado de paso de luz entre los puntos de e/s de una zona y se modifica el estado de paso de luz entre los puntos de e/s de la otra zona, a tensión constante (o incluso variando la tensión como un parámetro más a tener en cuenta. A continuación se comentan diversos casos particulares:

Acelerómetro: la fuerza debida a la aceleración externa desplaza al elemento conductor, separando al elemento conductor del primer tope. El voltaje aplicado a las placas de condensador crea una fuerza en sentido contrario. Cuando el elemento conductor vuelve a entrar en contacto con el primer tope y se vuelve a modificar el estado de paso de luz se puede determinar el voltaje requerido y, por lo tanto, la aceleración a la que ha sido sometido el elemento conductor. También podría hacerse al revés (en general esto es válido para todos los sensores) de manera que la aceleración externa sea la que acerque al elemento conductor hacia el primer tope. La miniaturización permite disponer de diversos sensores, y orientados según los tres ejes coordenados. Un caso particular de este uso es como inclinómetro.

Sensor de presión: si el elemento eléctrico separa dos cámaras sometidas a diferentes presiones (una presión a determinar y una presión de referencia), la presión del aire, o en general de cualquier fluido no conductor, aplicada a una de las caras del elemento conductor, éste tenderá a alejarse (o acercarse) al primer tope. El voltaje necesario para conseguir acercar (alejar) nuevamente al elemento conductor permite determinar la presión de dicho fluido o, específicamente, la diferencia de

presiones entre dicho fluido y la cámara de referencia. Un caso particular de este tipo de sensor sería un micrófono.

Sensor de caudal: Si el elemento conductor presenta un orificio a través del cual puede pasar una corriente de fluido o si presenta una extensión que está inmersa en una corriente de fluido, se puede emplear un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención como sensor de caudal. Al igual que en los casos anteriores mediante un voltaje determinado aplicado a las placas de condensador se puede contrarrestar la fuerza generada por la magnitud que se desea medir, en este caso la fuerza hidráulica o aerodinámica generada por la corriente de fluido. Al igual que en el caso del sensor de presión, el fluido no puede ser conductor eléctrico.

Sensor de temperatura. En este caso se tiene en cuenta que el tiempo que tarda el elemento conductor en desplazarse de un tope a otro depende básicamente de la aceleración externa, la tensión aplicada y los coeficientes de áreas de las placas de condensador. Si estas placas están hechas con materiales de coeficiente de dilatación térmico diferente, entonces los coeficientes de áreas de las placas de condensador cambiarán con la temperatura. De esta manera hay una relación entre el tiempo de conmutación y la temperatura para una determinada tensión aplicada a las placas. Por el mismo motivo, la tensión mínima necesaria para que el dispositivo electroóptico conmute depende de la temperatura.

Aplicaciones acústicas (altavoz). Al colisionar el elemento conductor contra los toques o contra las propias placas de condensador que lo atraen se va a producir un ruido. Mediante la coordinación de una elevada cantidad de dispositivos electroópticos, que pueden estar integrados en un mismo chip, se puede conseguir que las diversas ondas acústicas se sumen en fase y se provoque una onda acústica resultante que sea audible. Esta onda acústica audible sería muy direccional. Ello puede ser una ventaja cuando interese el empleo de ondas unidireccionales, alternativamente se pueden distribuir y/o activar los dispositivos electroópticos en diversas direcciones y/o desfases de tiempo para obtener una onda multidireccional. También es posible controlar la direccionalidad controlando los momentos precisos en los que se activa cada dispositivo electroóptico, es decir, controlando los desfases.

ses temporales relativos entre los dispositivos electroópticos. De esta manera se puede cambiar dinámicamente la direccionalidad de la onda acústica, de manera que se pueda dirigir hacia un lugar u otro sin necesidad de cambiar la distribución geométrica de los dispositivos electroópticos. El hecho de que cada dispositivo electroóptico modifique el estado de paso de luz cuando está en contacto con el primer tope permite saber con precisión el momento de choque con dicho primer tope.

Detector de fuerzas de Coriolis (usualmente denominados giroscopios). Estos detectores determinan la velocidad de rotación de un objeto mediante la determinación de la fuerza de Coriolis. Para ello se necesita un dispositivo electroóptico que disponga de placas de condensador dispuestas en la primera zona y en la segunda zona, y unos primeros topes y unos segundos topes dispuestos en un eje perpendicular al eje primera zona – segunda zona. Se debe tener al elemento conductor moviéndose continuamente desde un extremo al otro de forma que tenga siempre una cierta velocidad, que dependerá de la tensión que se aplique a las placas de condensador. Si hay una velocidad de rotación que es perpendicular al plano formado por el eje de movimiento (eje primera zona - segunda zona), y los primeros topes y los segundos topes, entonces el elemento conductor experimentará una aceleración de Coriolis que será perpendicular al eje primera zona – segunda zona. Ello hará que el elemento conductor toque los topes de un lado (o del lado opuesto, en función del sentido de rotación) si la tensión aplicada a las placas de condensador y, por lo tanto, la velocidad con la que se mueve el elemento conductor, es suficientemente elevada. Al tocar los topes se modificará el estado de paso de luz que confirmará que han tenido lugar las condiciones precisas para ello. La magnitud de la rotación externa, estará, por tanto relacionada con la magnitud de la tensión aplicada a las placas de condensador, y el sentido de rotación se sabrá en función de cuales de los topes han sido tocados, teniendo en cuenta el sentido de la velocidad que se le estaba dando en ese momento al elemento conductor. Se pueden incluir simultáneamente sensores de este tipo en tres direcciones perpendiculares, lo que permite obtener el valor de cualquier rotación en el espacio.

Sensor de gas. En el caso que el elemento conductor sea de un material capaz de reaccionar y/o absorber moléculas de un gas determinado (o tenga incorporado este material), se obtiene un elemento conductor de masa variable en función de la concentración de dicho gas. Este cambio de masa influye en la tensión de activación, así como en el tiempo que tarda en desplazarse de un extremo a otro. De esta manera se puede determinar la concentración del gas.

En general, en todos los sensores citados anteriormente se puede determinar la magnitud correspondiente a base de detectar en cada caso cual es la mínima tensión necesaria para conmutar el dispositivo electroóptico, o detectar cual es el tiempo de conmutación para una tensión aplicada fija. En general es más simple detectar el tiempo de conmutación, ya que puede incrementarse de una forma sencilla con tecnología digital, mientras que generar tensiones variables implica emplear circuitos analógicos. Sin embargo en el caso de que se detecte la tensión que hace conmutar el dispositivo electroóptico, se tiene como ventaja de que el dispositivo electroóptico conmuta muchas menos veces, lo que reduce su desgaste y alarga su fiabilidad a largo plazo y su vida útil.

#### Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas y características de la invención se aprecian a partir de la siguiente descripción, en la que, sin ningún carácter limitativo, se relatan unos modos preferentes de realización de la invención, haciendo mención de los dibujos que se acompañan. Las figuras muestran:

- Fig. 1, un esquema simplificado de un dispositivo electroóptico con dos placas de condensador en su segunda zona.
- Fig. 2, un esquema simplificado de un dispositivo electroóptico con dos placas de condensador, una en cada una de sus zonas.
- Fig. 3, un esquema simplificado de un dispositivo electroóptico con tres placas de condensador.
- Fig. 4, una vista en perspectiva de una primera forma de realización de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención, sin tapa.



- 15 -

- Fig. 5, una vista en planta del dispositivo electroóptico de la Fig. 4.
- Fig. 6, una vista en planta de una primera variante del dispositivo electroóptico de la Fig. 4, con dos pares de puntos de e/s.
- Fig. 7, una vista en planta de una segunda variante del dispositivo electroóptico de la Fig. 4.
- Fig. 8, una vista en planta de una tercera variante del dispositivo electroóptico de la Fig. 4.
- Fig. 9, una vista en perspectiva de una segunda forma de realización de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención.
- Fig. 10, una vista en perspectiva del dispositivo electroóptico de la Fig. 9 al que se le han eliminado los componentes del extremo superior.
- Fig. 11, una vista en perspectiva de los elementos inferiores del dispositivo electroóptico de la Fig. 9.
- Fig. 12, una vista en perspectiva de una tercera forma de realización de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención.
- Fig. 13, una vista en perspectiva de una cuarta forma de realización de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención.
- Fig. 14, una vista en planta del dispositivo electroóptico de la Fig. 13.
- Fig. 15, una vista en planta de una variante del dispositivo electroóptico de la Fig. 13.
- Fig. 16, una vista en perspectiva de una quinta forma de realización de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención.
- Fig. 17, una vista en perspectiva de una sexta forma de realización de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención.
- Fig. 18, una esfera realizada mediante micromecanizado en superficie.
- Fig. 19, una vista en perspectiva de una séptima forma de realización de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención.
- Fig. 20, una vista en planta, sin tapa, de una octava forma de realización de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención.

Como podrá observarse a continuación, los modos preferentes de realización de la invención representados en las Figs. incluyen una combinación de las diversas alternativas y opciones explicadas anteriormente, si bien un experto en la materia

podrá ver que son alternativas y opciones que pueden ser combinadas de diversas maneras entre sí.

#### Descripción detallada de unas formas de realización de la invención

5 En la Fig. 1 se muestra un primer modo básico de funcionamiento de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención. El dispositivo electroóptico define un espacio intermedio 25 en el que se aloja un elemento conductor 7, que se puede mover libremente a lo largo del espacio intermedio 25, ya que es físicamente una  
10 pieza suelta que no está físicamente unida a las paredes que definen el espacio intermedio 25. El dispositivo electroóptico define también una primera zona, a la izquierda de la Fig. 1, y una segunda zona, a la derecha de la Fig. 1. En la segunda zona están dispuestas una primera placa de condensador 3 y una segunda placa de condensador 9. En el ejemplo mostrado en la Fig. 1 ambas placas de condensador 3 y 9 son de áreas diferentes, si bien podrían ser iguales entre sí. La primera  
15 placa de condensador 3 y la segunda placa de condensador 9 están conectadas a un circuito de control CC. Al aplicar un voltaje entre la primera placa de condensador 3 y la segunda placa de condensador 9, el elemento conductor es atraído siempre hacia la derecha de la Fig. 1, hacia las placas de condensador 3 y 9. El elemento conductor 7 se desplazará hacia la derecha hasta topar con unos primeros  
20 topes 13, momento en el que se modificará el estado de paso de luz de un circuito óptico no representado en este esquema.

En la Fig. 2 se muestra un segundo modo básico de funcionamiento de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención. El dispositivo electroóptico define  
25 nuevamente un espacio intermedio 25 en el que se aloja un elemento conductor 7, que se puede mover libremente a lo largo del espacio intermedio 25, una primera zona, a la izquierda de la Fig. 2, y una segunda zona, a la derecha de la Fig. 2. En la segunda zona está dispuesta una segunda placa de condensador 9 mientras que  
30 en la primera zona está dispuesta una primera placa de condensador 3. La primera placa de condensador 3 y la segunda placa de condensador 9 están conectadas a un circuito de control CC. Al aplicar un voltaje entre la primera placa de condensador 3 y la segunda placa de condensador 9, el elemento conductor es atraído siem-

pre hacia la derecha de la Fig. 2, hacia la placa de condensador más pequeña, es decir, hacia la segunda placa de condensador 9. Por ello, el hecho que en el ejemplo mostrado en la Fig. 2 ambas placas de condensador 3 y 9 sean de áreas diferentes es, en este caso, imprescindible que sea así, ya que en el caso de ser de áreas iguales, el elemento conductor 7, no se desplazaría en ningún sentido. El elemento conductor 7 se desplazará hacia la derecha hasta topar con unos primeros topes 13, momento en el que se modificará el estado de paso de luz de un circuito óptico no representado en este esquema. A la izquierda hay unos segundos topes 19, que no cumplen, en este caso, ninguna función de referencia para la modificación del estado de paso de luz de un circuito óptico sino que impiden que el elemento conductor 7 tope con la primera placa de condensador 3. En este caso los topes 19 podrían eliminarse, pues no hay ningún problema en que el elemento conductor 7 toque la primera placa de condensador 3. Esto es así porque solamente hay una placa de condensador en este lado, ya que si hubiera más, y éstas estuvieran a voltajes distintos, entonces los topes podrían ser necesarios para evitar un cortocircuito.

Las configuraciones de dispositivos electroópticos de las Figs. 1 y 2 son adecuadas para ser usadas como sensores, donde la magnitud a medir ejerce una fuerza que es la que será contrarrestada por la fuerza electrostática inducida en el elemento conductor 7. Tal como han sido representados, en ambos casos la magnitud a medir deberá ejercer una fuerza tendente a alejar el elemento conductor 7 de los primeros topes 13, mientras que la fuerza electrostática tenderá a acercarlo. Sin embargo, se puede diseñar el dispositivo electroóptico para que trabaje exactamente al revés: de manera que la magnitud a medir tienda a acercar al elemento conductor 7 hacia los primeros topes 13 mientras que la fuerza electrostática tienda a alejarlo. En este caso, se deberían posicionar los primeros topes 13 a la izquierda de las Figs. 1 y 2. En la Fig. 1 se ha mostrado esta posibilidad con las referencias en trazos discontinuos. Si se ponen los topes en los dos lados, entonces el sensor podrá detectar la magnitud en los dos sentidos, si bien se deberá duplicar el circuito óptico y el circuito de control deberá cambiar el algoritmo, pasando de intentar acercar a intentar alejar, cuando detecte que ha habido un cambio de sentido, lo que sucederá cuando no consiga modificar el estado de paso de luz con la mínima

tensión, que es cero. Debe recordarse que el signo del voltaje aplicado no afecta al sentido del movimiento del elemento conductor 7.

Para conseguir desplazar el elemento conductor 7 en ambos sentidos mediante  
5 fuerzas electrostáticas, es necesario disponer de una tercera placa de condensador  
11, tal como se muestra en la Fig. 3. Dado que el elemento conductor 7 se despla-  
zará siempre hacia donde esté la placa de condensador más pequeña, es neces-  
ario, en este caso, que la tercera placa de condensador 11 sea menor que la primera  
placa de condensador 3, pero que la suma de áreas de la segunda placa de con-  
10 densador 9 y la tercera placa de condensador 11 sea mayor que la primera placa  
de condensador 3. De esta manera, activando la primera placa de condensador 3 y  
la segunda placa de condensador 9, conectándolas a voltajes distintos, pero no la  
tercera placa de condensador 11, que quedaría en estado de alta impedancia se  
puede desplazar el elemento conductor 7 a la derecha, mientras que activando las  
15 tres placas de condensador 3, 9 y 11 se puede desplazar el elemento conductor 7  
hacia la izquierda. En el último caso la segunda placa de condensador 9 y la tercera  
placa de condensador 11 están a un mismo voltaje, y la primera placa de conden-  
sador 3 está a otro voltaje distinto. El dispositivo electroóptico de la Fig. 3 tiene,  
además, unos segundos topes 19, de manera que estos segundos topes 19 permi-  
20 ten controlar la modificación del estado de paso de luz de un segundo circuito ópti-  
co.

En el caso de disponer dos placas de condensador en cada una de las primera y  
segunda zonas, se podría provocar el movimiento del elemento conductor 7 de dos  
25 maneras diferentes:

- aplicando un voltaje entre las dos placas de condensador de una misma zona, de  
manera que el elemento conductor sea atraído por ellas (funcionamiento equiva-  
lente al de la Fig. 1)

30

- aplicando un voltaje entre una placa de condensador de una zona y una (o las  
dos) placas de voltaje de la otra zona, de manera que el elemento conductor 7 sea

atraído hacia la zona donde el área de condensador cargada eléctricamente sea menor (funcionamiento equivalente al de la Fig. 2).

5 A continuación se describirá como estos mecanismos pueden modificar el estado de paso de luz de un circuito óptico.

En la Fig. 4 se observa un dispositivo electroóptico diseñado para ser fabricado con tecnología EFAB. Esta tecnología de fabricación de micromecanismos mediante el depósito de capas es conocida por un experto en la materia, y permite la realización  
10 de muchas capas y tiene una gran flexibilidad en el diseño de estructuras tridimensionales. El dispositivo electroóptico está montado sobre un substrato 1 que cumple una función de soporte, y que en diversas Figs. no ha sido representado para mayor simplicidad de las mismas. El dispositivo electroóptico presenta una primera  
15 placa de condensador 3 y una cuarta placa de condensador 5 dispuestas a la izquierda (de acuerdo con la Fig. 2) de un elemento conductor 7, y una segunda placa de condensador 9 y una tercera placa de condensador 11 dispuestas a la derecha del elemento conductor 7. El dispositivo electroóptico tiene también dos primeros topes 13, y dos segundos topes 19. El dispositivo electroóptico está tapado por su parte superior si bien no se muestra esta tapa para poder apreciar los detalles  
20 del interior. Esta tapa se extiende entre las dos paredes laterales 29, por encima del elemento conductor 7.

El elemento conductor 7 presenta un espacio interno 27 hueco.

25 El dispositivo electroóptico se desplaza de izquierda a derecha, y viceversa, según la Fig. 5, a lo ancho del espacio intermedio 25. En la Fig. 5 ya se ha representado la tapa que evita que el elemento conductor 7 pueda salirse por el extremo superior. Como puede verse los primeros topes 13 y los segundos topes 19 son más próximos al elemento conductor 7 que las placas de condensador 3, 5, 9 y 11. De esta  
30 manera el elemento conductor 7 se puede mover de izquierda a derecha sin interferir con las placas de condensador 3, 5, 9 y 11, y sus circuitos de control correspondientes. En la Fig. 5 se muestra cómo este movimiento permite modificar el estado de paso de luz de un haz de luz que se propague de un punto de e/s a otro punto

de e/s de un circuito óptico. Efectivamente el dispositivo electroóptico es atravesado por un haz de luz que sale de un primer punto de e/s 15 hacia un segundo punto de e/s 17. Cuando el elemento conductor 7 está en contacto con los primeros topes 13 (que podría ser un solo tope si estuviese dispuesto en una posición central), se  
5 corta el paso del haz de luz, lo que puede ser detectado por el circuito correspondiente.

En la Fig. 6 se muestra una variante del dispositivo electroóptico anterior. En este caso se dispone de dos circuitos ópticos, de manera que hay cuatro puntos de e/s  
10 15, 17, 21 y 23. En función de si el elemento conductor 7 está tocando los primeros topes 13 o los segundos topes 19 estará interrumpiendo el haz de luz de uno u otro de los dos circuitos ópticos.

En la variante mostrada en la Fig. 7 se observa que el elemento conductor 7 presenta un saliente 47 que se proyecta hacia el exterior de las paredes que encierran  
15 al elemento conductor 7. El saliente 47 es el responsable de modificar el estado de paso de luz entre el primer punto de e/s 15 y el segundo punto de e/s 17. Como puede verse, por tanto, el dispositivo electroóptico, tal como debe entender en la presente descripción y reivindicaciones, no es únicamente el receptáculo físico que  
20 contiene al elemento conductor 7 en su interior sino que incluye los puntos de e/s, tanto si estos están en la propia superficie del receptáculo como si están físicamente separados. Asimismo, no es necesario que el haz de luz sobre cuyo estado de paso se desea influir atraviese físicamente el receptáculo que contiene al elemento conductor 7, sino que también puede darse el caso que el haz de luz se propague por el exterior del receptáculo.  
25

Por otro lado, también es posible diseñar un elemento conductor 7 que tenga un saliente 47 aunque el haz de luz atravesase el receptáculo. Así, por ejemplo, es posible diseñar un elemento electroóptico como el de la Fig. 5 en el que el elemento  
30 conductor 7 tenga un saliente equivalente al saliente 47 pero más corto, de manera que su extremo libre quede alojado entre la segunda placa de condensador 9 y la tercera placa de condensador 11. Este saliente permite garantizar mejor la interrupción del haz de luz entre el primer punto de e/s 15 y el segundo punto de e/s 17.

Tampoco es necesario que los topes estén físicamente en el interior del receptáculo que aloje al elemento conductor 7. Así, por ejemplo, en el dispositivo electroóptico de la Fig. 7, el primer tope 13 podría ser un único tope y estar físicamente junto al extremo libre del saliente 47.

En la Fig. 8 se muestra otra variante del dispositivo electroóptico. En este caso, el haz de luz no es simplemente interrumpido, sino que es desviado, por reflexión, hacia un tercer punto de e/s.

10

En las Figs. 9 a 11 se observa otro dispositivo electroóptico diseñado para ser fabricado con tecnología EFAB. En este caso el elemento conductor 7 se desplaza en sentido vertical, de acuerdo con las Figs. 9 a 11. El empleo de una u otra alternativa de movimiento del dispositivo electroóptico depende de criterios de diseño. La tecnología de fabricación consiste en el depósito de diversas capas. En todas las Figs. las cotas en sentido vertical están muy exageradas, es decir los dispositivos físicos son mucho más planos de lo que se muestra en todas las Figs. En el caso de que interese obtener unas superficies de condensador grandes será preferible construir el dispositivo electroóptico de una forma similar a lo mostrado en las Fig. 9 a 11 (dispositivo electroóptico vertical), mientras se construirá un dispositivo electroóptico de una forma similar a la mostrada en las Figuras 4 a 8 (dispositivo electroóptico horizontal) cuando interese hacerlo con un número menor de capas. En el caso de emplear determinadas tecnologías (como las usualmente conocidas como polyMUMPS, Dalsa, SUMMIT, Tronic's, Qinetiq's, etc.), el número de capas está siempre muy limitado. La ventaja del dispositivo electroóptico vertical es que se obtienen superficies más grandes con menos área de chip, y esto implica tensiones de activación mucho menores (usando la misma área de chip).

Conceptualmente el dispositivo electroóptico de las Figs. 9 a 11 es muy similar al dispositivo electroóptico de las Figs. 4 a 8, y presenta la primera placa de condensador 3 y la cuarta placa de condensador 5 dispuestas en la parte inferior (Fig. 11), así como los segundos topes 19. Como puede verse los segundos topes 19 están por encima de las placas de condensador, de manera que el elemento conductor 7

30

puede apoyarse sobre los segundos topes 19 sin entrar en contacto con la primera y la cuarta placa de condensador 3, 5. En el extremo superior (Fig. 9) se encuentran la segunda placa de condensador 9, la tercera placa de condensador 11 y dos primeros topes 13.

5

Al igual que el dispositivo electroóptico de las Figs. 4 a 8, el dispositivo electroóptico de las Figs. 9 a 11 puede actuar de diversas maneras, que no se han representado en las propias Figs. 9 a 12 para mayor claridad de las mismas. Así, en la Fig. 12 se ha mostrado un dispositivo electroóptico que refleja el haz de luz que emite un primer punto de e/s 15 y la reenvía hacia un segundo punto de e/s 17 cuando el elemento conductor 7 está, por ejemplo, tocando los primeros topes 13. Al desplazar al elemento conductor 7 hacia el otro extremo del espacio intermedio 25 es decir, cuando toque los segundos topes 19, el haz de luz será reflejado con el mismo ángulo que antes, pero hacia otra posición en el espacio. En esta nueva posición puede estar posicionado un tercer punto de e/s 21 que recogerá en este caso la luz reflejada.

15

En general, cuando se desee que el elemento conductor refleje un haz de luz, deberá incorporar la correspondiente superficie reflectante. Es posible generar superficies reflectantes con las tecnologías existentes en el mercado y conocidas por un experto en la materia, sin embargo, es preferible el diseño de dispositivos electroópticos verticales y que tengan las superficies reflectantes en su cara superior que el diseño de dispositivos electroópticos horizontales que requieran superficies reflectantes verticales.

25

Realmente el dispositivo electroóptico mostrado en la Fig. 12 no es idéntico al de las Figs. 9 a 11 sino que es una forma de realización ligeramente diferente en el sentido que tiene un elemento conductor 7 cilíndrico en lugar de paralelepípedo. La Fig. 17 muestra otro dispositivo electroóptico que tiene el elemento conductor 7 cilíndrico. En el caso del dispositivo electroóptico de la Fig. 12, las paredes laterales 29 que rodean al elemento conductor son paralelepípedicas, mientras que en el dispositivo electroóptico de la Fig. 17 las paredes laterales 29 que rodean al elemento conductor 7 son cilíndricas. Por su parte, en la Fig. 18 se muestra una esfera

30



fabricada mediante micromecanizado en superficie, observándose que está formada por una pluralidad de discos cilíndricos de diámetros variables. Un dispositivo electroóptico con un elemento conductor 7 esférico como el de la Fig. 18 puede ser, por ejemplo, muy similar conceptualmente al de las Figs. 12 o 17 sustituyendo el elemento conductor 7 cilíndrico por el esférico. Únicamente deben tenerse en cuenta unos ajustes geométricos en la disposición de las placas de condensador y de los topes para evitar que el elemento conductor 7 esférico toque primero las placas de condensador que los topes. Como ya se ha comentado anteriormente, el objetivo de estos elementos conductores con superficies externas redondeadas es reducir las fuerzas de rozamiento y los enganches.

En general, en la presente descripción y en las reivindicaciones se han citado las placas de condensador y los topes como si fuesen elementos físicos diferentes, y en determinados casos será así, ya que si entre las placas de condensador dispuesta en una misma zona (primera placa de condensador 3 y cuarta placa de condensador 5 o segunda placa de condensador 9 y tercera placa de condensador 11) hay una tensión aplicada, el elemento conductor 7 no deberá tocarlas para no provocar un cortocircuito. Sin embargo, si las placas de condensador que están en una misma zona (primera placa de condensador 3 y cuarta placa de condensador 5 o segunda placa de condensador 9 y tercera placa de condensador 11) están a la misma tensión y, en particular si está a VCC o a GND, entonces no hay ningún inconveniente en que el elemento conductor 7 toque físicamente las placas de condensador. En este último caso, las funciones "placa de condensador" y "tope" pueden ser realizadas conjuntamente por el mismo elemento físico. Incluso en el caso en el que hay un voltaje aplicado entre las placas de condensador de una misma zona, se podría poner las placas de condensador no alineadas, de manera que el elemento conductor 7 solo toque una de ellas (o todas las que estén a un mismo voltaje). De esta manera también se evita el cortocircuito.

El dispositivo electroóptico de la Fig. 13 presenta una abertura 49 en su pared lateral 29 por la que se puede propagar un haz de luz cuando el elemento conductor 7 está en la parte superior. En la parte posterior hay otra abertura de manera que el haz de luz puede alcanzar el segundo punto de e/s correspondiente. En la Fig. 14

- 24 -

se muestra una vista en planta, en la que se aprecia como el haz de luz se propaga del primer punto de e/s 15 al segundo punto de e/s 17 atravesando las paredes 29. Asimismo, se podría interpretar que las propias aberturas 49 son los puntos de e/s citados en la presente descripción y reivindicaciones, ya que lo que ocurre más allá  
5 de la abertura 49 es irrelevante de cara a la presente invención.

Otra variante del dispositivo electroóptico de la Fig. 13 se obtiene en el caso que se incluya una segunda pareja de aberturas 49 en la parte superior de la pared lateral 29. En este caso se puede interactuar sobre dos circuitos ópticos simultáneamente,  
10 de una forma equivalente a la representada en la Fig. 6. La segunda pareja de aberturas 49 puede estar encima de la primera pareja de aberturas 49, de manera que los haces de luz sean paralelos, o puede estar dispuesta perpendicularmente a la primera pareja de aberturas 49, en cuyo caso los rayos de luz serán perpendiculares (Fig. 12).

15 Otra variante adicional se puede obtener a disponer de dos parejas de aberturas 49 en la parte inferior de la pared 29, dispuestas perpendiculares entre sí. De esta manera el elemento conductor 7 interrumpiría simultáneamente dos haces de luz. Una vista en planta de esta solución sería asimismo la Fig. 15.

20 El dispositivo electroóptico mostrado en la Fig. 16 está diseñado para ser fabricado con tecnología polyMUMPS. Como ya se ha dicho anteriormente, esta tecnología es conocida por un experto en la materia, y se caracteriza por ser un micromecanizado en superficie de 3 capas estructurales y 2 sacrificiales. Sin embargo, conceptualmente es similar al dispositivo electroóptico mostrado en las Figs. 4 a 8, si bien  
25 existen algunas diferencias. Así, en el dispositivo electroóptico de la Fig. 16, la primera placa de condensador 3 es igual a la tercera placa de condensador 11, pero es diferente a la segunda placa de condensador 9 y a la cuarta placa de condensador 5, que son iguales entre sí y menores que las anteriores. Además presenta,  
30 adicionalmente, una quinta placa de condensador 35 y una sexta placa de condensador 37.

En la Fig. 19 se observa una variante del dispositivo electroóptico mostrado en las Figs. 4 a 8. En este caso el elemento conductor 7 tiene unas protuberancias 39 en sus caras laterales 41.

- 5 En la Fig. 20 se observa una variante de un dispositivo electroóptico de acuerdo con la invención, específicamente diseñada para su uso como detector de fuerzas de Coriolis (giroscopio). En este caso se puede observar que el dispositivo electroóptico presenta una primera placa de condensador 3 y una cuarta placa de condensador 5 dispuestas a la izquierda (de acuerdo con la Fig. 20) de un elemento conductor 7, y una segunda placa de condensador 9 y una tercera placa de condensador 11 dispuestas a la derecha del elemento conductor 7. El dispositivo electroóptico tiene también dos primeros topes 13, en la parte superior de la Fig. 20, y dos segundos topes 19, en la parte inferior de la Fig. 20. El elemento conductor 7 se desplaza en zig-zag entre las placas de condensador gracias a unos voltajes aplicados entre las mismas. Si el dispositivo electroóptico está sometido a fuerzas de Coriolis el elemento conductor 7 se desplazará lateralmente, es decir, hacia arriba o hacia abajo según la Fig. 15 (suponiendo que el movimiento de rotación es perpendicular al papel). Al hacer contacto con los primeros topes 13 (o los segundos topes 19) se obtendrá una señal de interrupción del haz de luz, y en función de la velocidad con que realiza el movimiento de zig-zag (y de parámetros geométricos y de masas del dispositivo electroóptico), se puede determinar la fuerza de Coriolis y, en consecuencia, la velocidad de rotación. El relé presenta adicionalmente unos terceros topes 43 y unos cuartos topes 45 que pueden ser contactos eléctricos o pueden ser topes que definan el corte de dos haces de luz que se propaguen de arriba abajo en sentido del papel en la Fig. 20. Así, el final de carrera de cada movimiento de zig-zag es detectado por el circuito de control del dispositivo electroóptico. Alternativamente, la posición del elemento conductor 7 podría ser determinado por otros procedimientos conocidos por un experto en la materia.
- 10
- 15
- 20
- 25

### REIVINDICACIONES

- 5 1.- Dispositivo electroóptico miniaturizado caracterizado porque comprende:
- una primera zona enfrentada a una segunda zona,
  - una primera placa de condensador,
  - una segunda placa de condensador dispuesta en dicha segunda zona, donde dicha segunda placa de condensador es menor o igual que dicha primera placa de
  - 10 condensador,
  - un espacio intermedio dispuesto entre dicha primera zona y dicha segunda zona,
  - un elemento conductor dispuesto en dicho espacio intermedio, dicho elemento conductor siendo mecánicamente independiente de dichas primera zona y segunda zona y siendo apto para efectuar un desplazamiento a través de dicho espacio intermedio en función de unos voltajes presentes en dichas primera y segunda placas
  - 15 de condensador,
  - un primer punto de entrada/salida de luz de un circuito óptico, un segundo punto de entrada/salida de dicho circuito óptico, dispuestos de tal manera que permiten el paso de luz entre ellos,
  - 20 - por lo menos un primer tope, donde dicho elemento conductor es apto para entrar en contacto con dicho primer tope y donde dicho elemento conductor modifica el estado de paso de luz entre dicho primer punto de entrada/salida y dicho segundo punto de entrada/salida cuando está en contacto con dicho primer tope.
- 25 2.- Dispositivo electroóptico según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha primera placa de condensador está en dicha segunda zona.
- 3.- Dispositivo electroóptico según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha primera placa de condensador está en dicha primera zona.
- 30 4.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque dicho primer tope está dispuesto entre dicha segunda zona y dicho elemento conductor.

5.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 3 ó 4, caracterizado porque comprende, adicionalmente, una tercera placa de condensador dispuesta en dicha segunda zona, donde dicha tercera placa de condensador es menor o igual que dicha primera placa de condensador, y donde dichas segunda y tercera placas de condensador son, juntas, mayores que dicha primera placa de condensador.

6.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado porque comprende, adicionalmente, una tercera placa de condensador dispuesta en dicha segunda zona y una cuarta placa de condensador dispuesta en dicha primera zona, donde dicha primera placa de condensador y dicha segunda placa de condensador son iguales entre sí, y dicha tercera placa de condensador y dicha cuarta placa de condensador son iguales entre sí.

7.- Dispositivo electroóptico según la reivindicación 6, caracterizado porque dichas primera, segunda, tercera y cuarta placas de condensador son todas iguales entre sí.

8.- Dispositivo electroóptico según una de las reivindicaciones 6 o 7, caracterizado porque comprende, adicionalmente, una quinta placa de condensador dispuesta en dicha primera zona y una sexta placa de condensador dispuesta en dicha segunda zona, donde dicha quinta placa de condensador y dicha sexta placa de condensador son iguales entre sí.

9.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque comprende por lo menos un segundo tope entre dicha primera zona y dicho elemento conductor.

10.- Dispositivo electroóptico según la reivindicación 9, caracterizado porque comprende un tercer punto de entrada/salida y un cuarto punto de entrada/salida dispuestos entre dicha primera zona y dicho elemento conductor, de manera que dicho

elemento conductor modifica el estado de paso de luz de un segundo circuito óptico cuando está en contacto con dicho segundo tope.

5 11.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque cada uno de los conjuntos de dichas placas de condensador dispuestas en cada una de dichas primera zona y segunda zona tiene simetría central respecto de un centro de simetría, y donde dicho centro de simetría está superpuesto al centro de masas de dicho elemento conductor.

10 12.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el conjunto de dichas placas de condensador dispuestas en cada una de dichas primera zona y segunda zona tiene asimetría central, generando así un momento de fuerzas respecto al centro de masas de dicho elemento conductor.

15 13.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque dicho elemento conductor tiene superficies externas redondeadas.

20 14.- Dispositivo electroóptico según la reivindicación 13, caracterizado porque dicho elemento conductor es cilíndrico.

25 15.- Dispositivo electroóptico según la reivindicación 13, caracterizado porque dicho elemento conductor es esférico.

30 16.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado porque dicho elemento conductor presenta una cara superior y una cara inferior, dichas caras superior e inferior siendo perpendiculares a dicho desplazamiento de dicho elemento conductor, y por lo menos una cara lateral, donde dicha cara lateral presenta unas breves protuberancias.

17.- Dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado porque dicho elemento conductor es hueco.

18.- Dispositivo electroóptico según la reivindicación 2, caracterizado porque dicha primera placa de condensador y dicha segunda placa de condensador tienen la misma superficie.

5

19.- Dispositivo electroóptico según la reivindicación 3, caracterizado porque dicha primera placa de condensador tiene una superficie que es igual al doble de la superficie de dicha segunda placa de condensador.

10

20.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, como acelerómetro.

21.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, como inclinómetro.

15

22.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, como detector de fuerzas de Coriolis.

20

23.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, como sensor de presión.

24.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, como micrófono.

25

25.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, como sensor de caudal.

26.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, como sensor de temperatura.

30

27.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, para aplicaciones acústicas.

- 30 -

28.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, como sensor de gas.

29.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1  
5 a 19, para la fabricación de una matriz de conmutación óptica.

30.- Uso de un dispositivo electroóptico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, para la proyección de imágenes.



FIG. 1

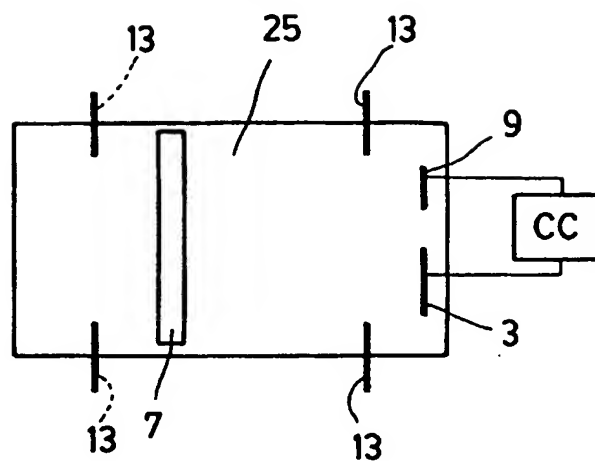


FIG. 2

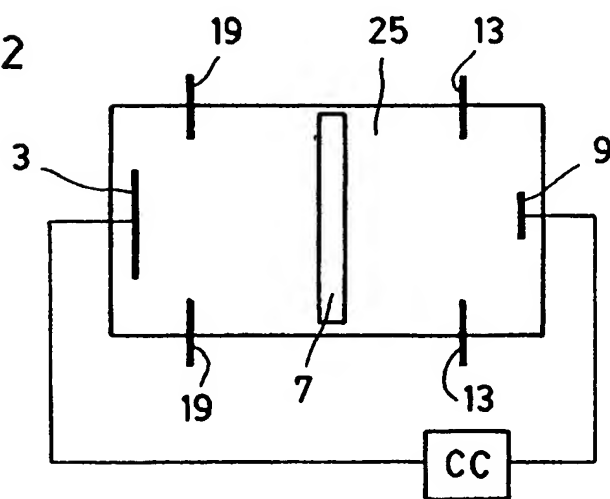
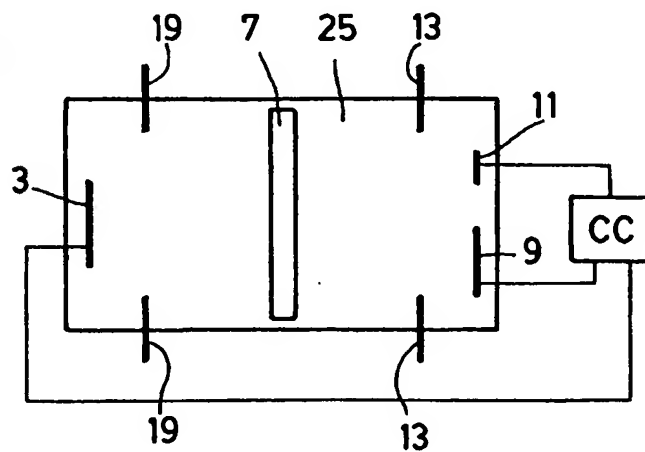


FIG. 3



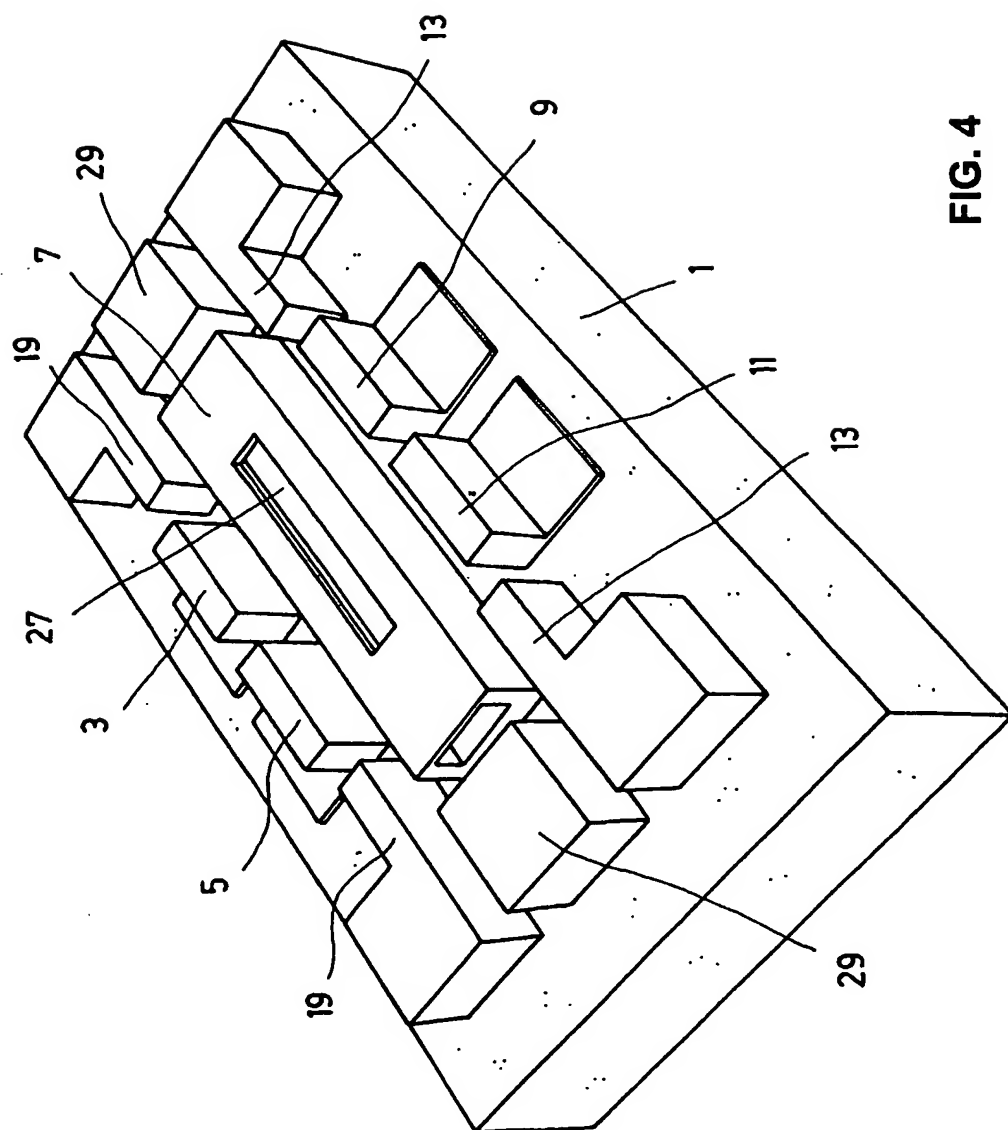


FIG. 4

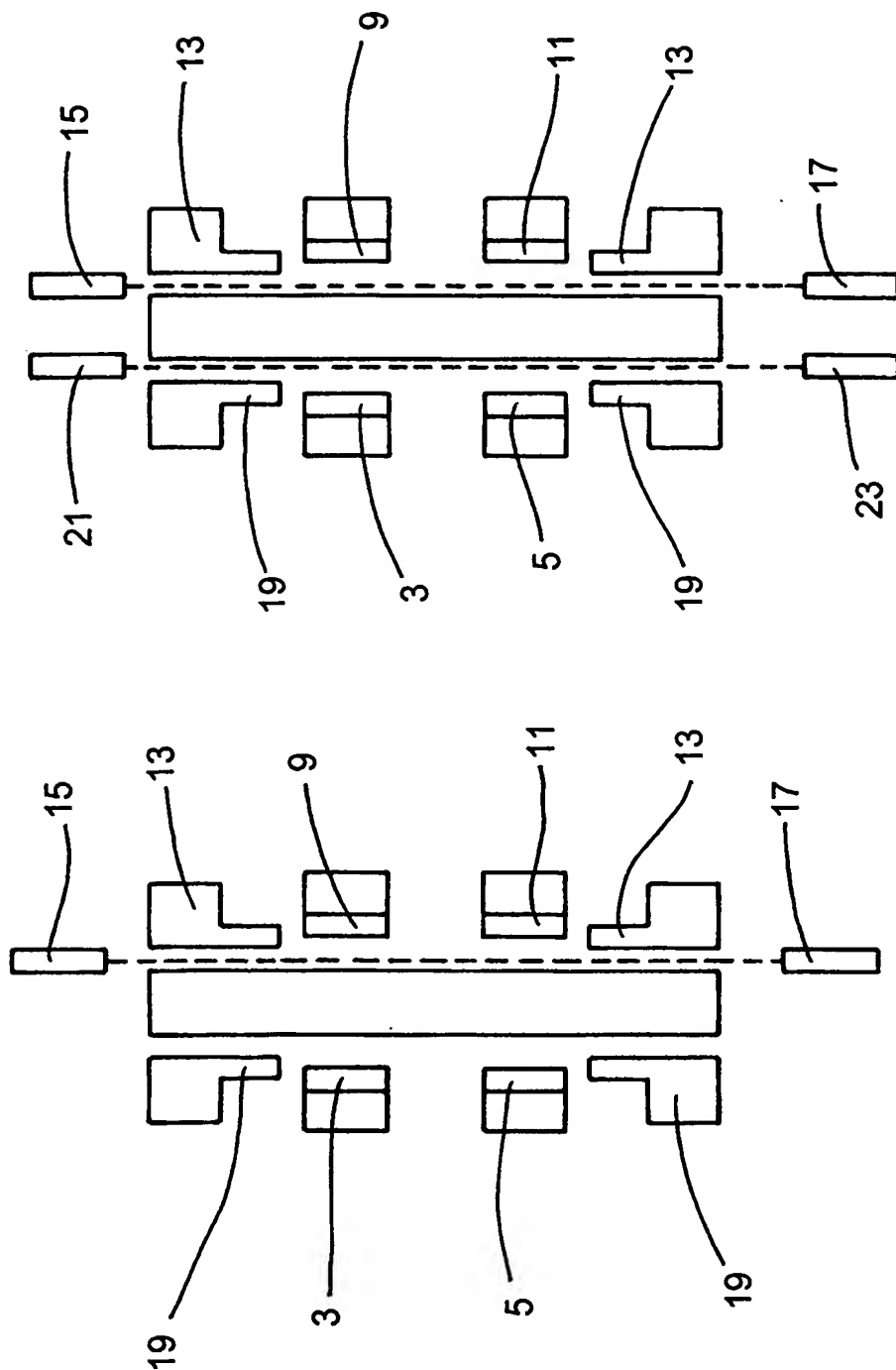


FIG. 5

FIG. 6

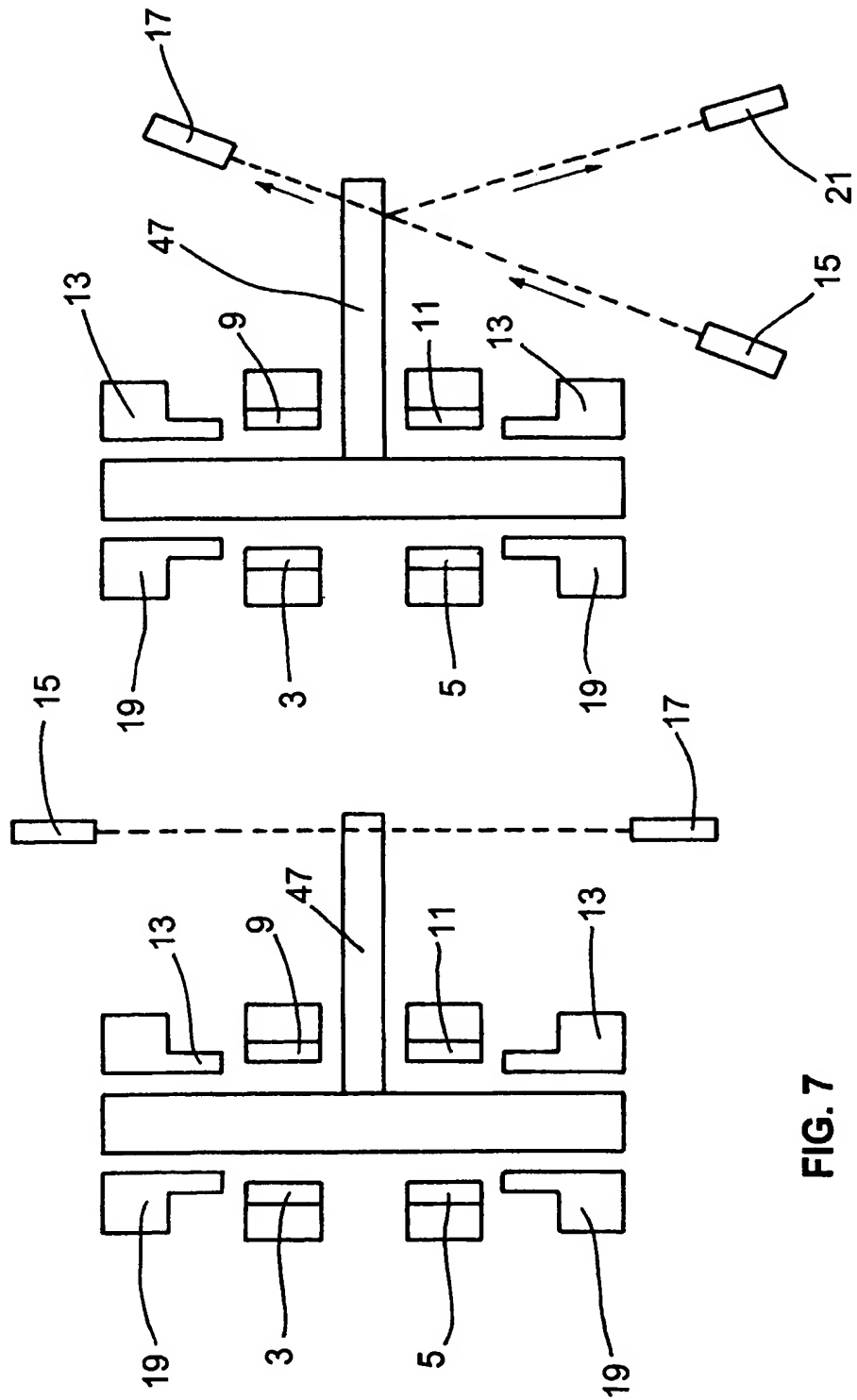


FIG. 8

FIG. 7

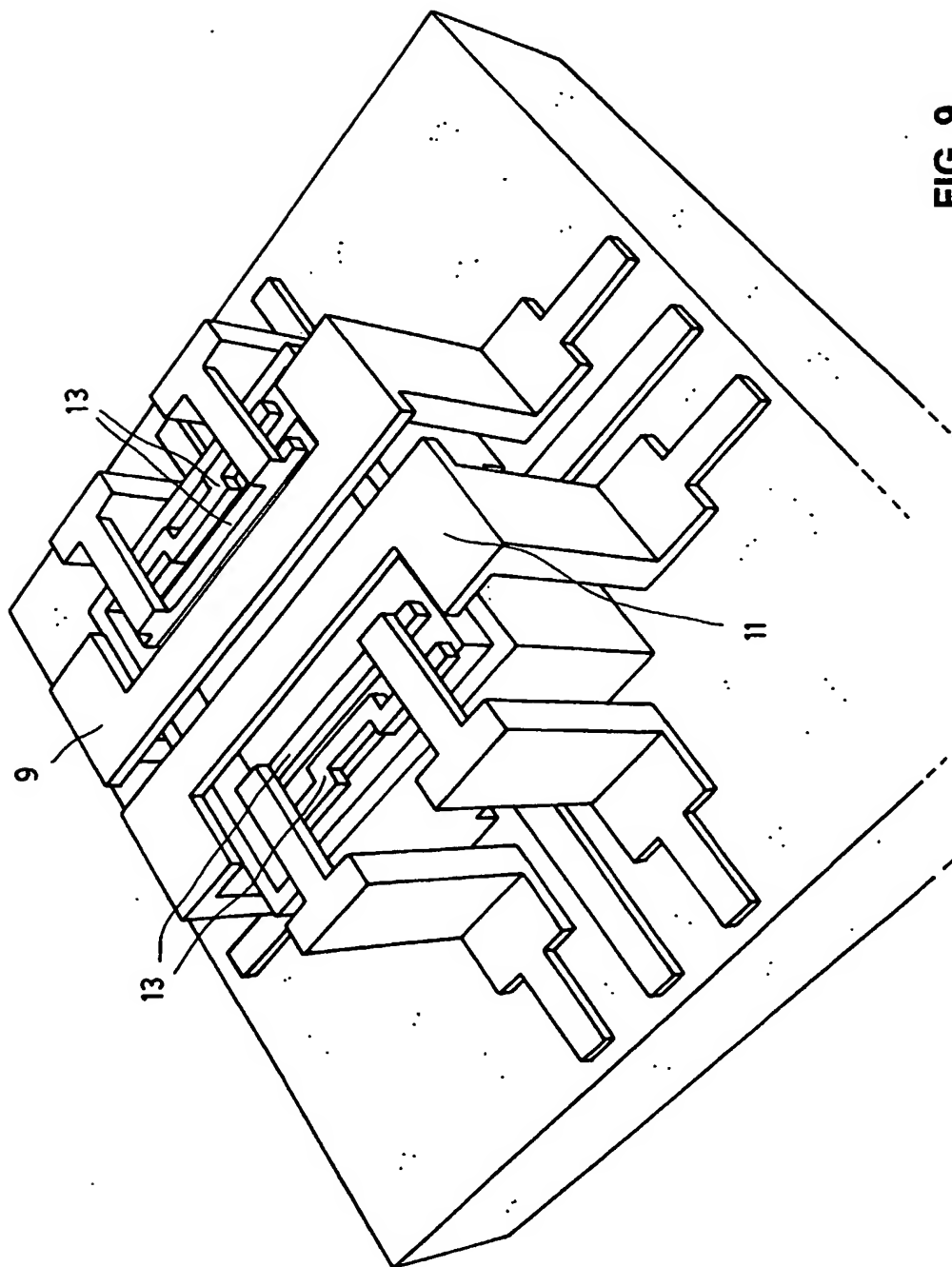


FIG. 9

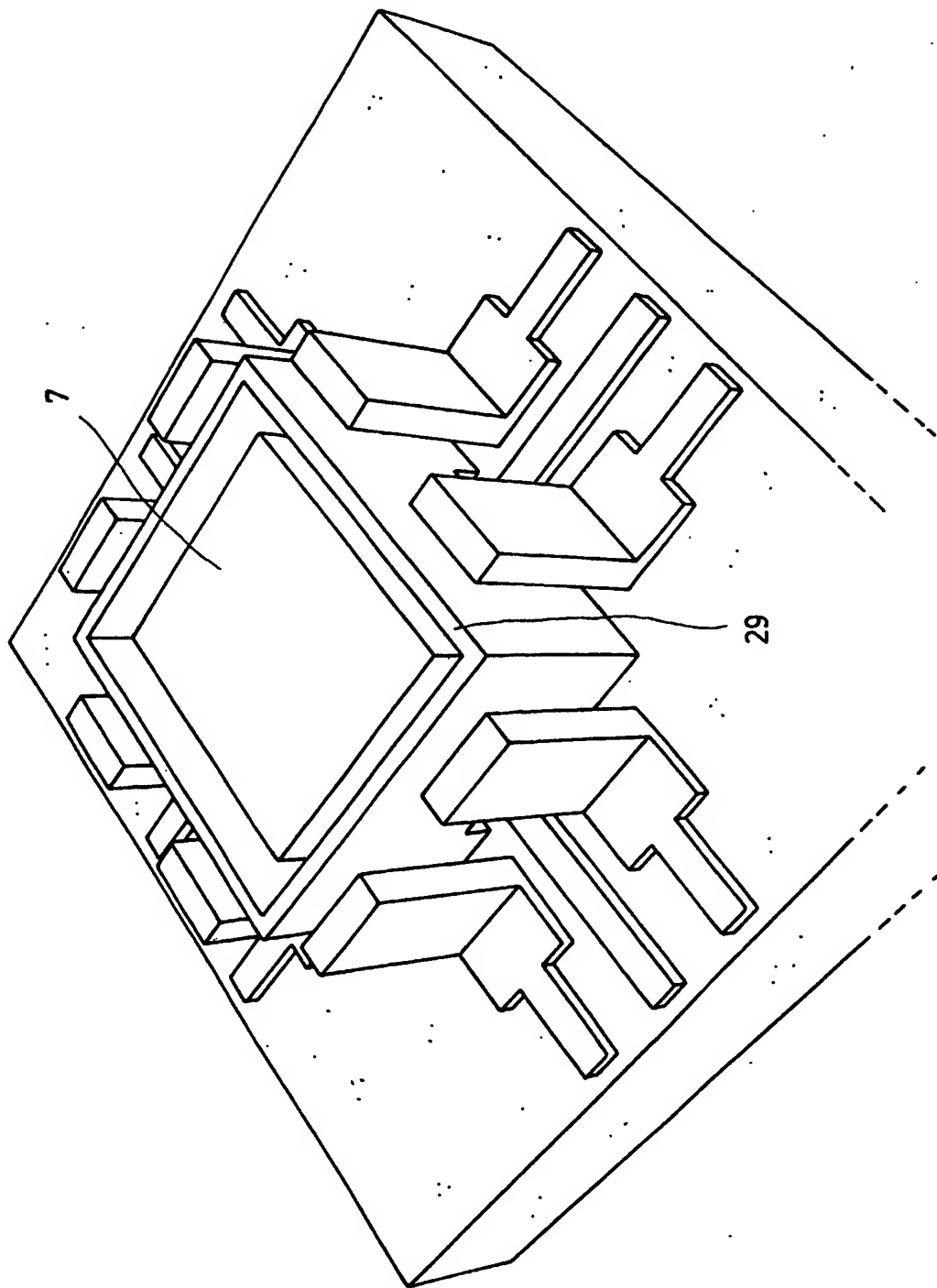


FIG. 10

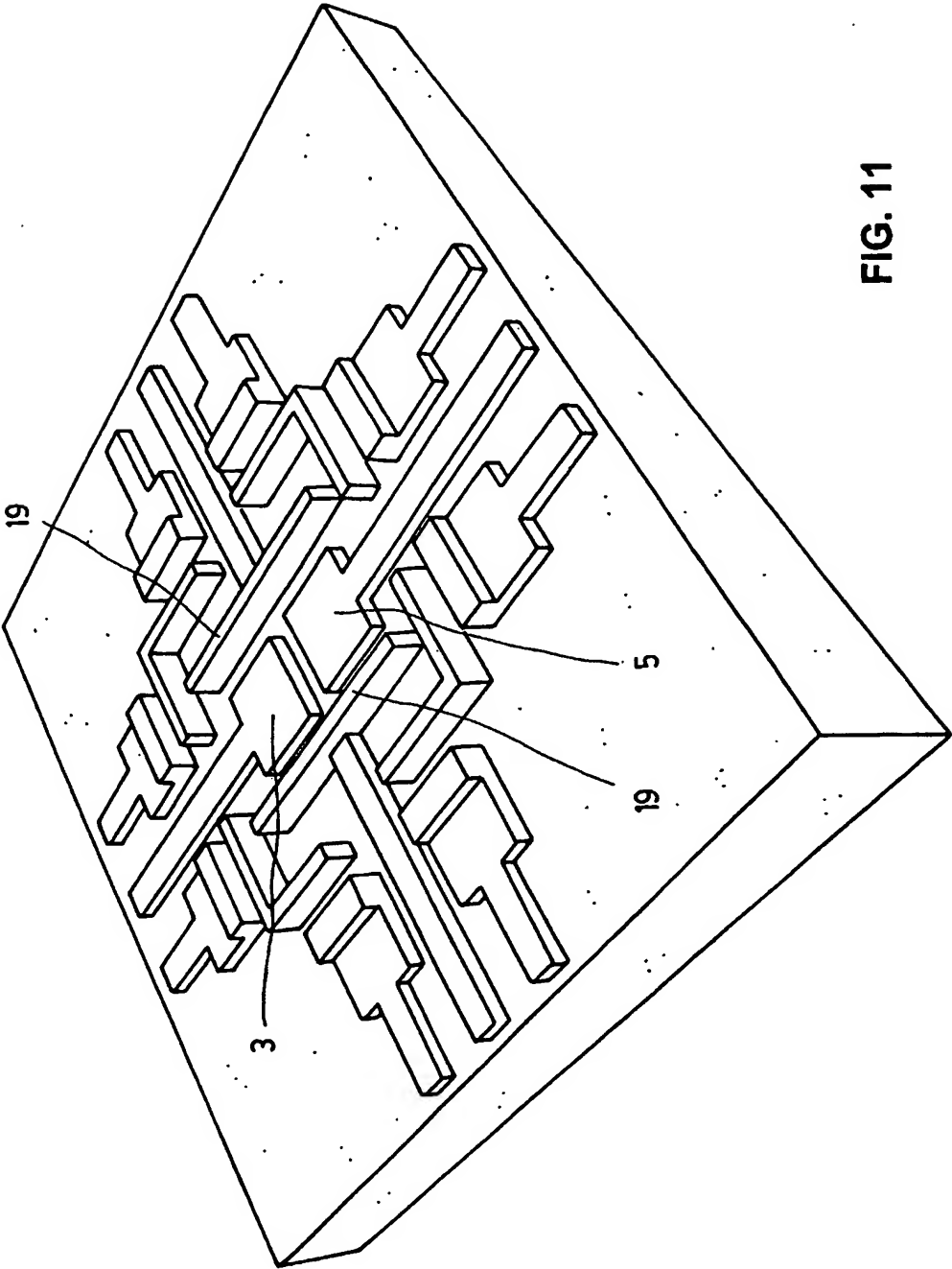
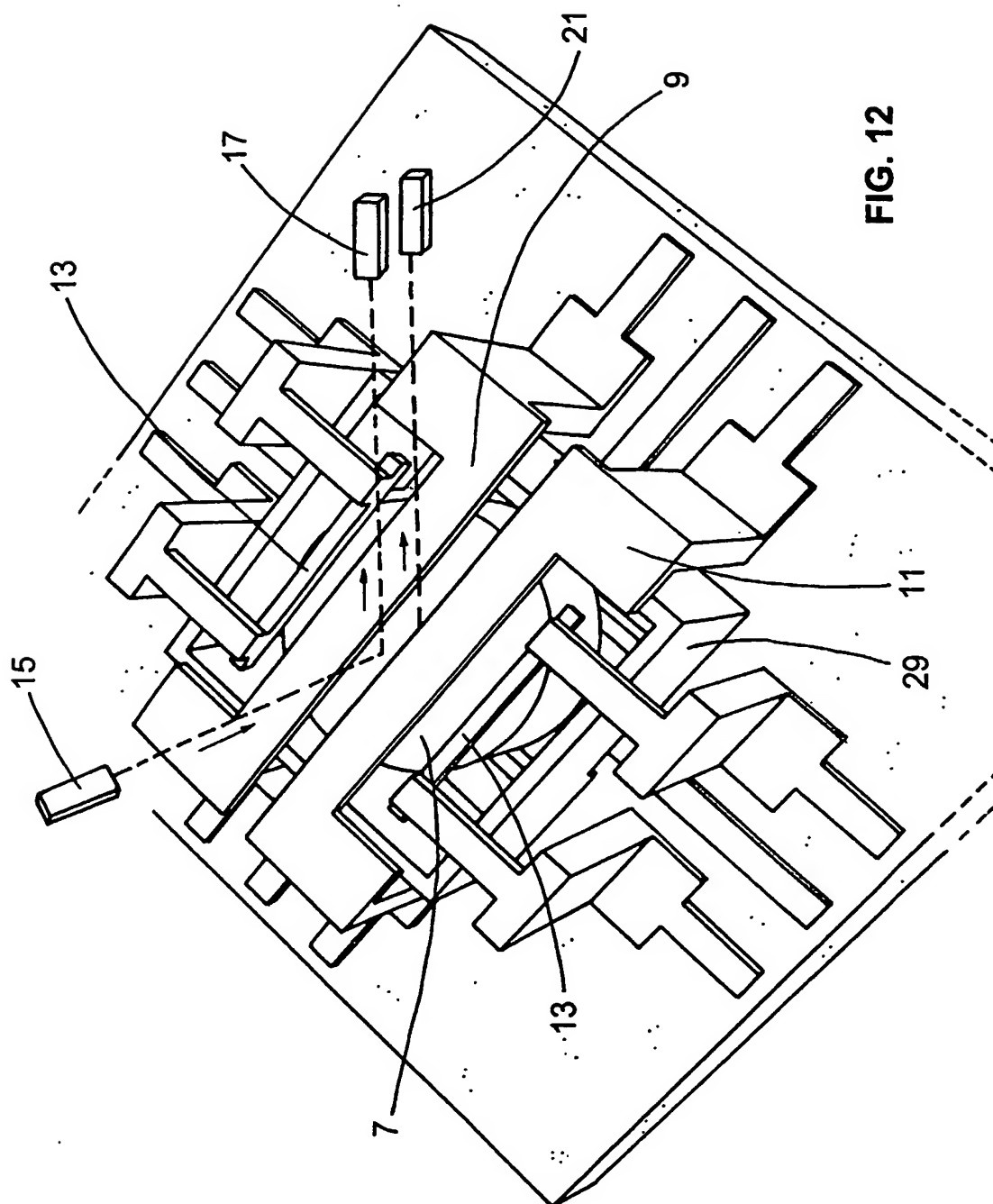


FIG. 11



**FIG. 12**



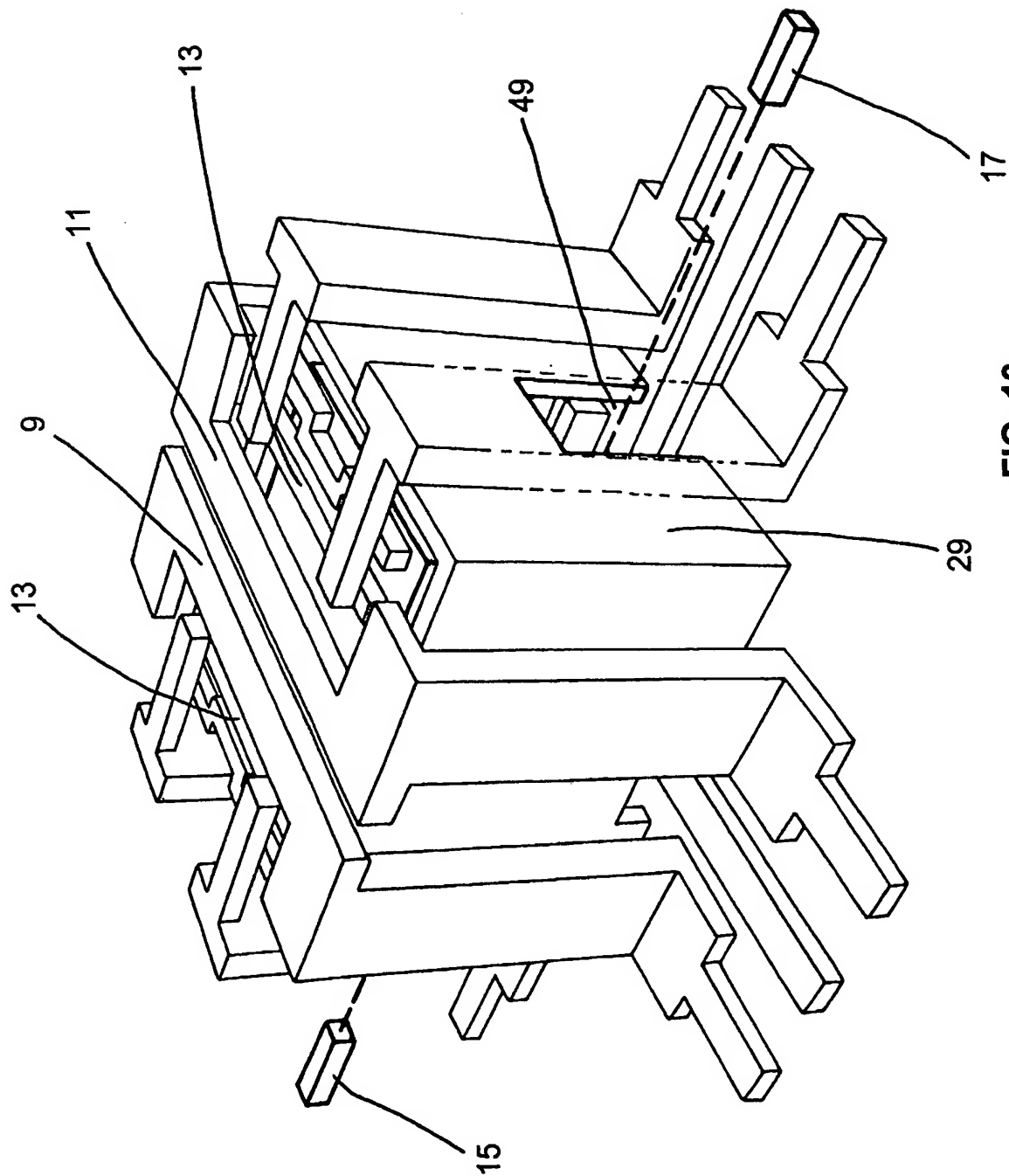


FIG. 13

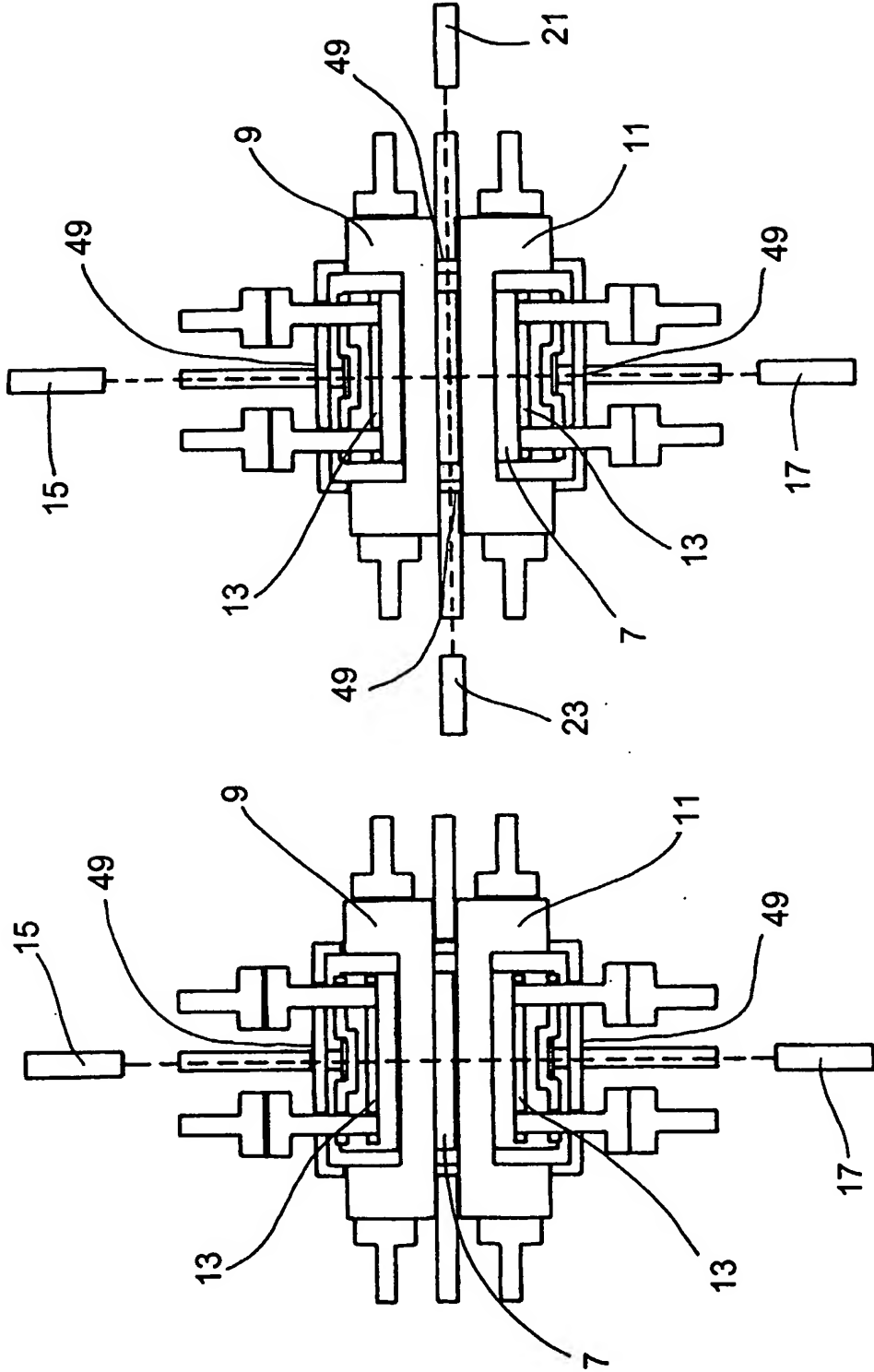


FIG. 15

FIG. 14

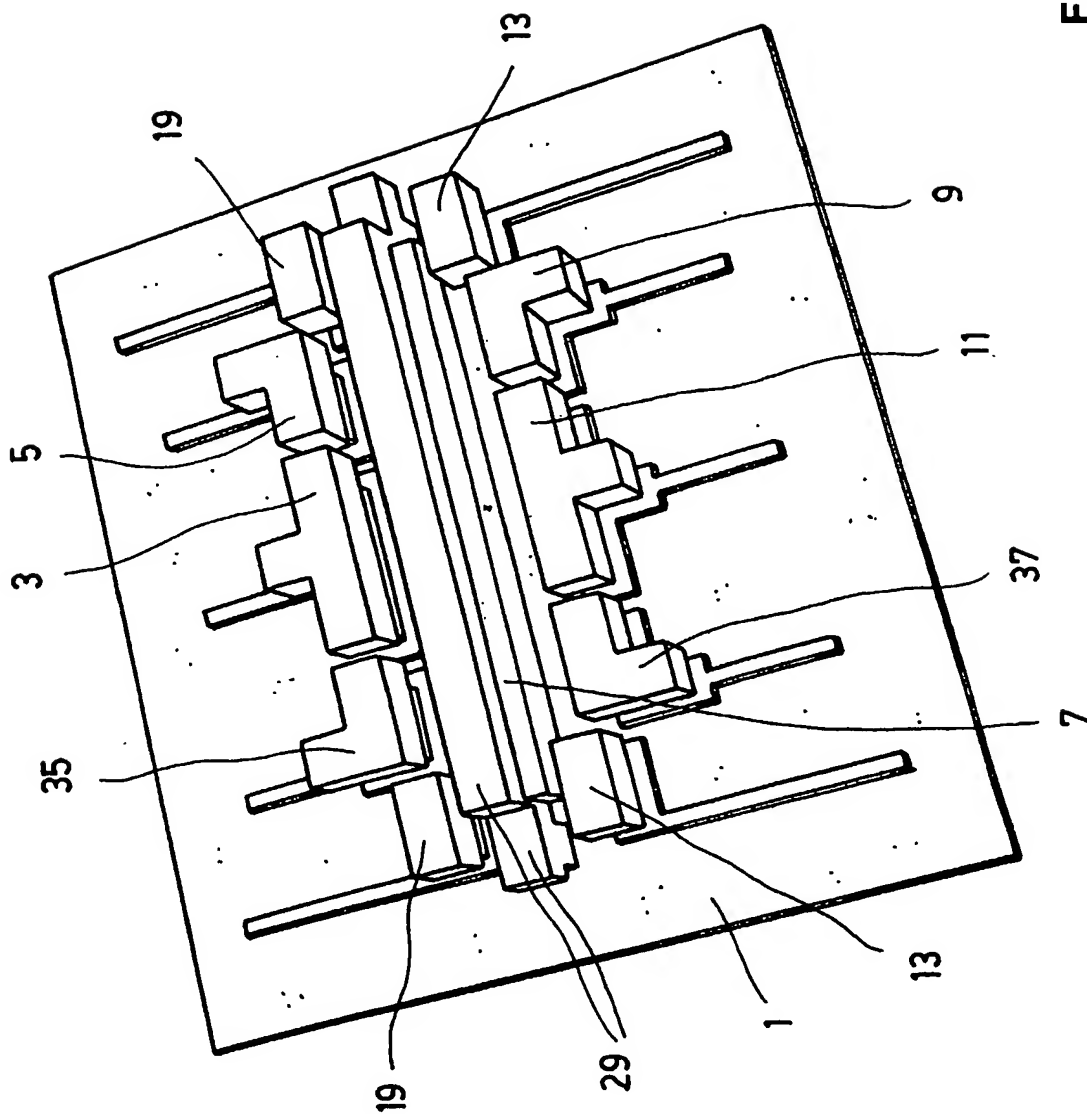


FIG. 16

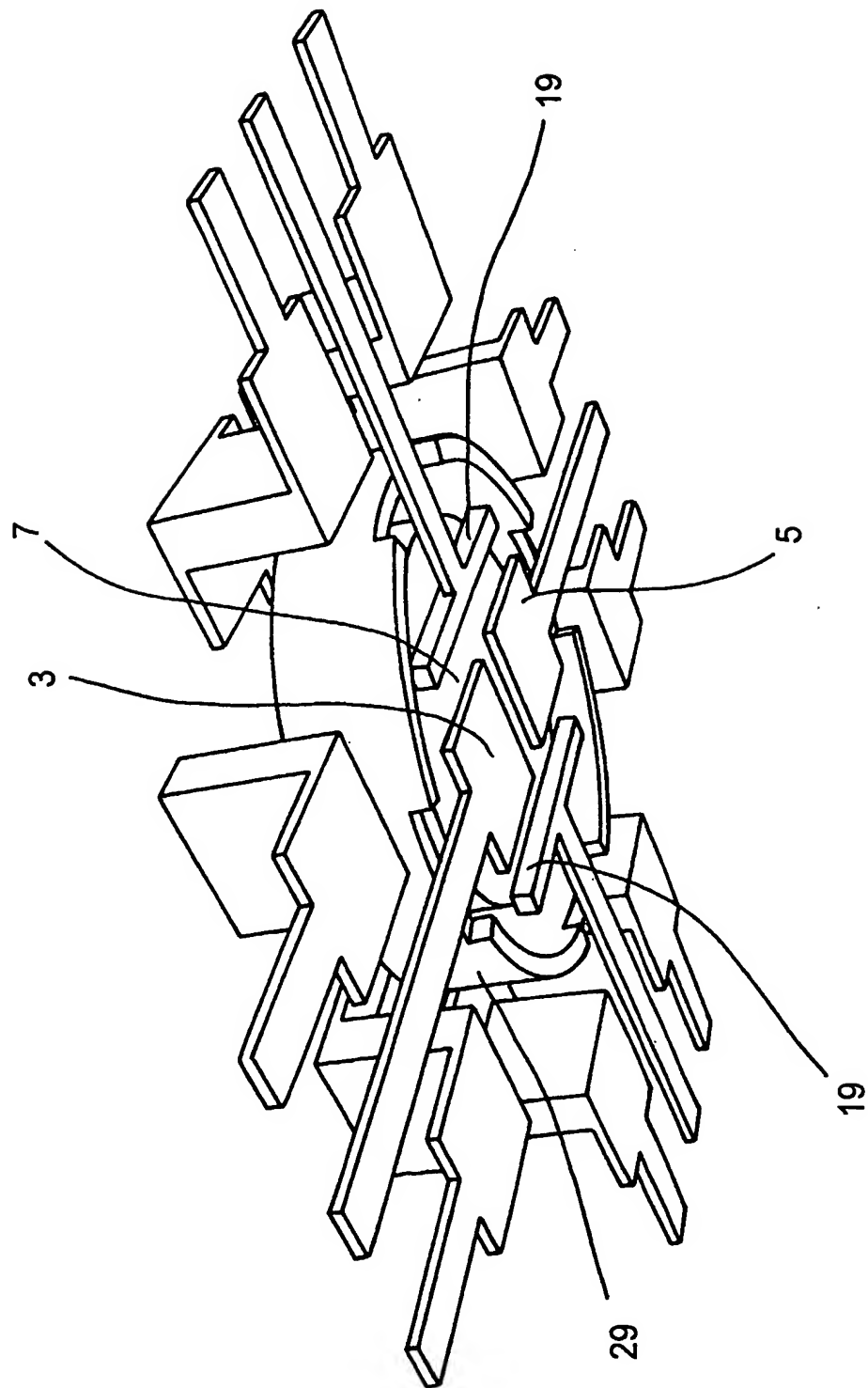
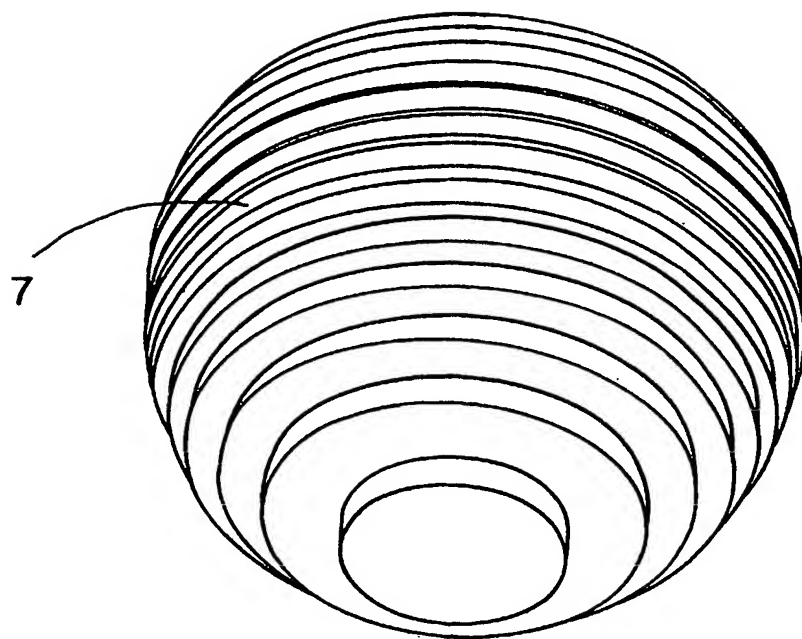
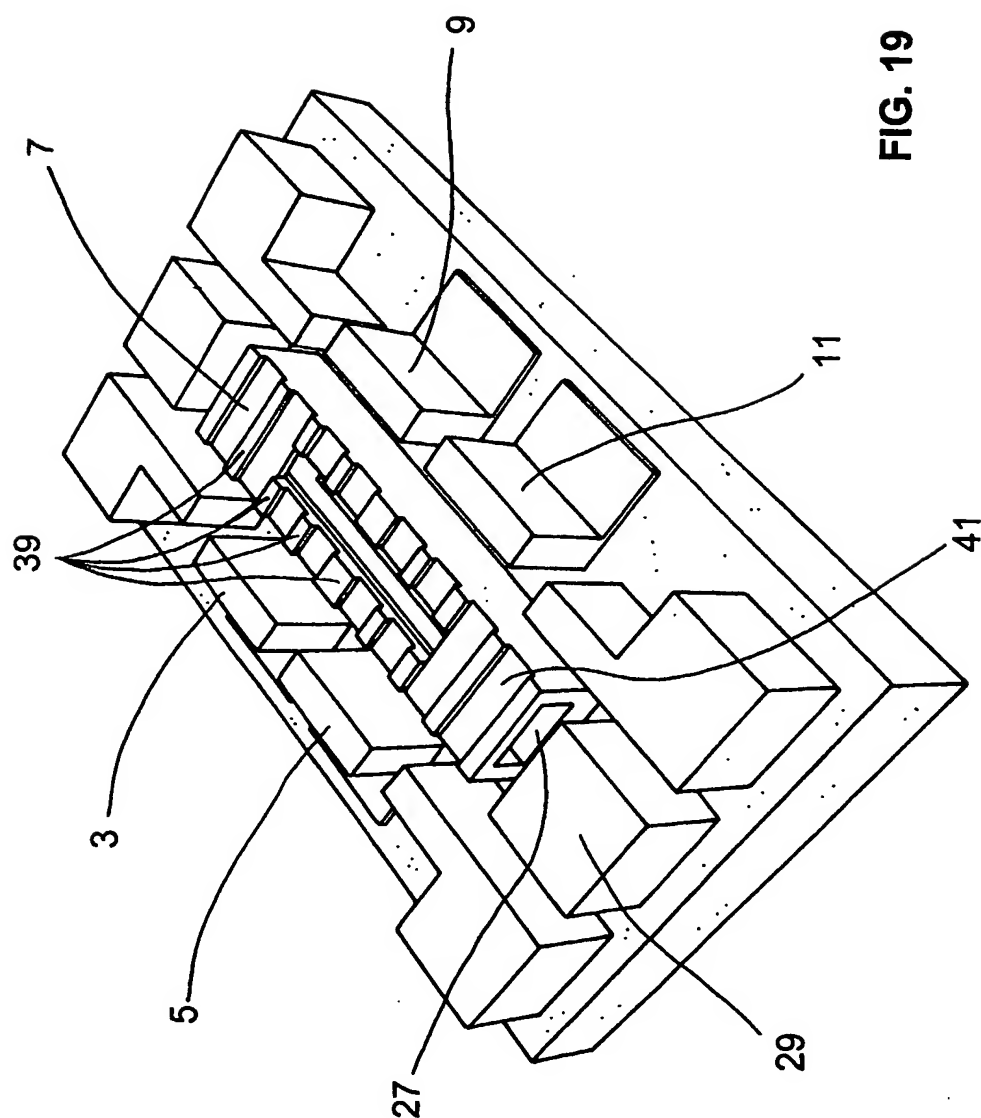


FIG. 17



**FIG. 18**



**FIG. 19**

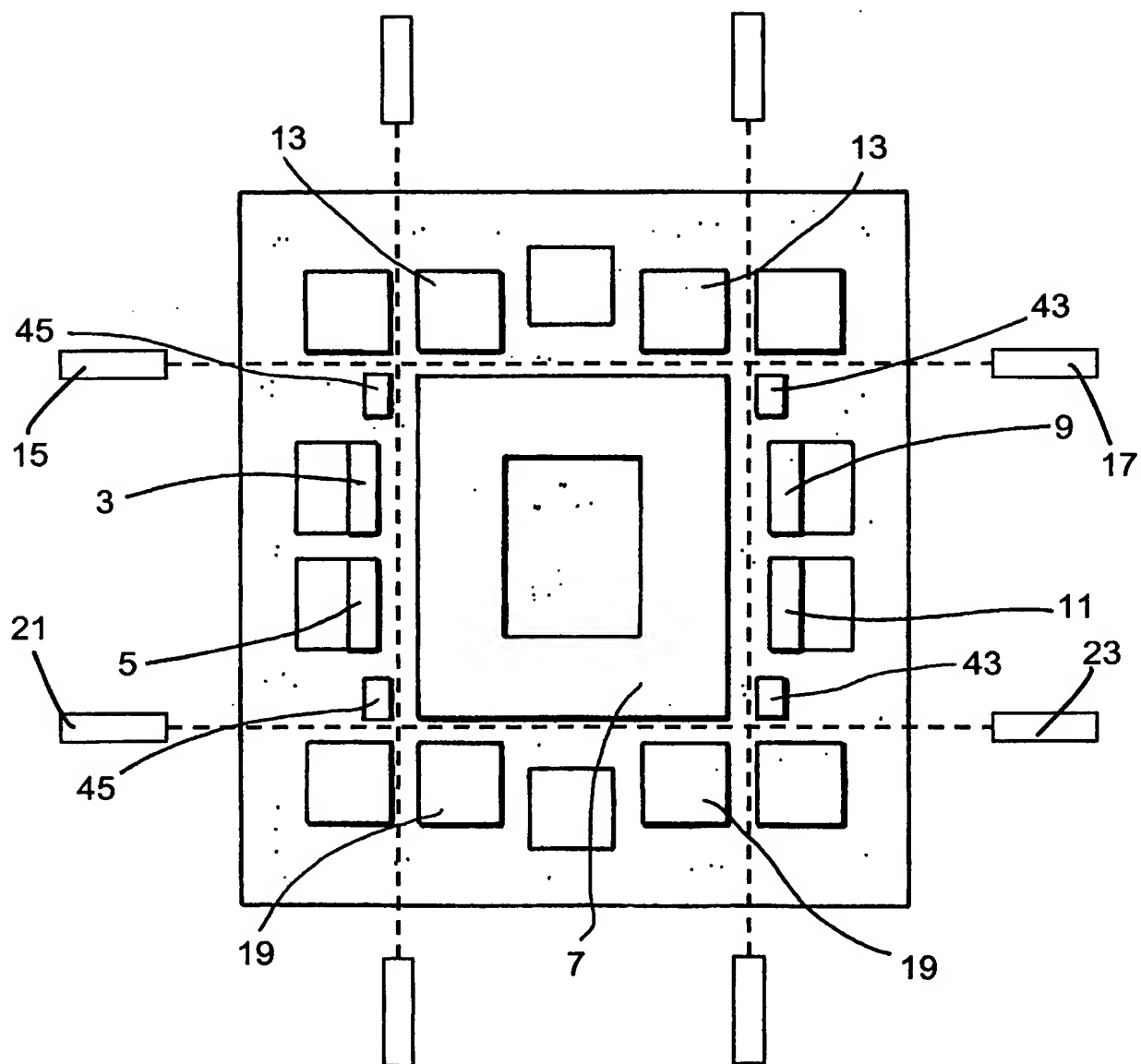


FIG. 20

REVISED  
VERSION

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/ES 2003/000584

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**IPC 7** 'G02F1/21.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

**IPC 7** .B81B+, G02F+, H01H+, H01G+

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO-0106543-A (CHERTKOW ET AL) 25.01.2001 <b>Page 1, lines 11-14; Page 4, lines 4-15; Page 6, lines 17-28; Page 7, lines 9-24; Page 8, lines 3-7; Page 9, lines 20-35; Page 10, lines 11-27; Page 13, lines 24-35; Page 14, lines 18-21, lines 31-32; Page 17, lines 1-27; Page 24, lines 1-26; Page 25, 1-11.* Claims 1-4, 7-12, 15-18, 35, 36.* The all figures</b>	1-10, 16, 18, 20-30
A	US-6428173-B (DHULER ET AL) 06.08.2002 <b>The whole document</b>	1
A	US-6229640-B (ZHANG) 08.05.2001 <b>The whole document</b>	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**12 JAN 2004 (12.01.04)**

Date of mailing of the international search report

**06 FEB 2004 (06.02.04)**

Name and mailing address of the ISA/

**S.P.T.O.**

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.



REVISED  
VERSION

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International Publication No

PCT/ES 2003/000584

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-0106543-A	25.01.2001	CA-2379537-A	25.01.2001
		AU-6012500-A	05.02.2001
		CA-2379936-A	08.02.2001
		AU-6012100-A	19.02.2001
		CA-2394179-A	14.06.2001
		WO-0143450-A	14.06.2001
		AU-6178400-A	18.06.2001
		US-2002009256-A	24.01.2002
		GB-2367906-A	17.04.2002
		EP-1218790-A	03.07.2002
		US-6535663-A	18.03.2003
		JP-2003523833-T	12.08.2003
		EP-1348141-A	01.08.2003
		JP-2003532130-T	28.10.2003
		US-6658177-A	02.12.2003
US-6428173-B	06.08.2002	CA-2371182-A	09.11.2000
		WO-0067063-A	09.11.2000
		AU-4194700-A	17.11.2000
		TW-468057-B	11.12.2001
US-6229640-B	08.05.2001	CA-2379179-A	15.02.2001
		WO-0111411-A	15.02.2001
		AU-7389900-A	05.03.2001
		US-2001008457-A	19.07.2001
		TW-475999-B	11.02.2002
		NO-20020675-A	11.04.2002
		EP-1208403-A	29.05.2002
		CN-1370284-T	18.09.2002
		JP-2003506755-T	18.02.2003
		US-6682871-B	27.01.2004

# VERSIÓN CORREGIDA

## INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°  
PCT/ES 2003/000584

### A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP<sup>7</sup> G02F1/21.

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

### 1B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP<sup>7</sup>, B81B+, G02F+, H01H+, H01G+

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)  
CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ

### C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
X	WO-0106543-A (CHERTKOW ET AL) 25.01.2001 Página 1, líneas 11-14; Página 4, líneas 4-15; Página 6, líneas 17-28; Página 7, líneas 9-24; Página 8 líneas 3-7; Página 9 líneas 20-35; Página 10 líneas 11-27; Página 13, líneas 24-35; Página 14, líneas 18-21, líneas 31-32; Página 17 líneas 1-27; Página 24, líneas 1-26; Página 25, líneas 1-11. *Reivindicaciones 1-4, 7-12, 15-18, 35, 36. *Todas las figuras.	1-10, 16, 18, 20-30
A	US-6428173-B (DHULER ET AL) 06.08.2002 *Todo el documento*	1
A	US-6229640-B (ZHANG) 08.05.2001 *Todo el documento*	1

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos anexo ☒ Los documentos de familia de patentes se indican en el

- \* Categorías especiales de documentos citados:
- "A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.
- "E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.
- "L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).
- "O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.
- "P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.
- "T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
- "X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
- "Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
- "&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.

12 ENERO 2004 (12.01.2004)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

06 FEB 2004 06.02.04

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional  
O.E.P.M.  
C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.  
n° de fax +34 91 349 53 04

Funcionario autorizado:

M. Carmen Glez. Vasserot

n° teléfono: +34 91 3486689

VERION CORREGIDA

**INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL**  
Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud Internacional n°  
PCT/ES 2003/000584

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
WO-0106543-A	25.01.2001	CA-2379537-A	25.01.2001
		AU-6012500-A	05.02.2001
		CA-2379936-A	08.02.2001
		AU-6012100-A	19.02.2001
		CA-2394179-A	14.06.2001
		WO-0143450-A	14.06.2001
		AU-6178400-A	18.06.2001
		US-2002009256-A	24.01.2002
		GB-2367906-A	17.04.2002
		EP-1218790-A	03.07.2002
		US-6535663-A	18.03.2003
		JP-2003523833-T	12.08.2003
		EP-1348141-A	01.08.2003
		JP-2003532130-T	28.10.2003
		US-6658177-A	02.12.2003
US-6428173-B	06.08.2002	CA-2371182-A	09.11.2000
		WO-0067063-A	09.11.2000
		AU-4194700-A	17.11.2000
		TW-468057-B	11.12.2001
US-6229640-B	08.05.2001	CA-2379179-A	15.02.2001
		WO-0111411-A	15.02.2001
		AU-7389900-A	05.03.2001
		US-2001008457-A	19.07.2001
		TW-475999-B	11.02.2002
		NO-20020675-A	11.04.2002
		EP-1208403-A	29.05.2002
		CN-1370284-T	18.09.2002
		JP-2003506755-T	18.02.2003
		US-6682871-B	27.01.2004